Fisheries and Oceans Canada | Pêches et Océans Canada
Science | Sciences

CSAS | **SCCS**

Canadian Science Advisory Secretariat | **Secrétariat canadien de consultation scientifique**

Research Document 2011/061 | **Document de recherche 2011/061**

Maritimes Region | **Région des Maritimes**

The Last Traffic Light on the Scotian Shelf: Shrimp 2009-2010

Le dernier feu de circulation sur le plateau néo-écossais pour 2009-2010 : la crevette

P. Koeller[1], C. Fuentes-Yaco[1], M. Covey[1], M. King[2], and/et B. Zisserson[1]

[1]Population Ecology Division/Division de l'écologie des populations
Department of Fisheries and Oceans/Ministère des Pêches et des Océans
Bedford Institute of Oceanography/Institut océanographique de Bedford
P.O. Box 1006, Dartmouth, Nova Scotia B2Y 4A2

[2]2261 Fox Island
RR #1 Canso
Guysborough County, Nova Scotia B0H 1H0

This series documents the scientific basis for the evaluation of aquatic resources and ecosystems in Canada. As such, it addresses the issues of the day in the time frames required and the documents it contains are not intended as definitive statements on the subjects addressed but rather as progress reports on ongoing investigations.

La présente série documente les fondements scientifiques des évaluations des ressources et des écosystèmes aquatiques du Canada. Elle traite des problèmes courants selon les échéanciers dictés. Les documents qu'elle contient ne doivent pas être considérés comme des énoncés définitifs sur les sujets traités, mais plutôt comme des rapports d'étape sur les études en cours.

Research documents are produced in the official language in which they are provided to the Secretariat.

Les documents de recherche sont publiés dans la langue officielle utilisée dans le manuscrit envoyé au Secrétariat.

This document is available on the Internet at:

Ce document est disponible sur l'Internet à:

www.dfo-mpo.gc.ca/csas-sccs

ISSN 1499-3848 (Printed / Imprimé)
ISSN 1919-5044 (Online / En ligne)
© Her Majesty the Queen in Right of Canada, 2011
© Sa Majesté la Reine du Chef du Canada, 2011

Canada

TABLE OF CONTENTS

ABSTRACT viii

RÉSUMÉ viii

INTRODUCTION 1

METHODS AND MATERIALS 5
Traffic Light Indicators 5

ABUNDANCE 5
Research Vessel Abundance Index 5
Gulf Vessels Catch Per Unit Effort 6
Adjustments to the Standard Trawl for the 2009 Survey 6
Commercial Trawler Standardised Catch Per Unit Effort 10
Research Vessel Coefficient of Variation 10
Commercial Fishing Area 10

PRODUCTION 11
Research Vessel Age 1 Abundance 11
Research Vessel Age 2 Abundance 11
Research Vessel Age 4 Abundance 12
Research Vessel Spawning Stock Biomass (Females) 12
Size at Sex Transition (L_t) 13
Maximum Size (L_{max}) 13
Predation 14

FISHING EFFECTS 14
Commercial Counts 14
Total Exploitation Index 15
Female Exploitation Index 15
Proportion of Females in Catch 16
Average Size of Females in Catch 16
Fishing During Ovigerous Period 16

ECOSYSTEM 17
Population Age-length Evenness 17

Research Vessel Bottom Temperatures 17
Spring Sea Surface Temperatures 18

Research Vessel Capelin Abundance 18
Research Vessel Cod Recruitment 19
Research Vessel Greenland Halibut Recruitment 19
Research Vessel Snow Crab Recruitment 19

TRAFFIC LIGHT SUMMARY 20

BYCATCH 20

RESULTS AND DISCUSSION 20

ABUNDANCE 21

TABLE DES MATIÈRES

ABSTRACT viii

RÉSUMÉ viii

INTRODUCTION 1

MATÉRIEL ET MÉTHODES 5
Feux de circulation 5

ABONDANCE 5
Indice d'abondance – Navire de recherche 5
Prises par unité d'effort des bateaux du Golfe 6
Réparations apportées au chalut standard pour le relevé de 2009 6
Prises normalisées par unité d'effort des chalutiers commerciaux 10
Coefficient de variation - Navire de recherche 10
Zone de pêche commerciale 10

PRODUCTION 11
Abondance à l'âge 1 – Navire de relevé 11
Abondance à l'âge 2 – Navire de relevé 11
Abondance à l'âge 4 – Navire de relevé 12
Biomasse du stock reproducteur (femelles) – Relevé NR 12
Taille au changement de sexe (L_t) 13
Taille maximum (L_{max}) 13
Prédation 14

EFFETS DE LA PÊCHE 14
Comptes commerciaux 14
Indice d'exploitation totale 15
Indice d'exploitation des femelles 15
Proportion de femelles dans les prises 16
Taille moyenne des femelles dans les prises 16
Pêche en période ovigère 16

ÉCOSYSTÈME 17
Répartition équilibrée des classes d'âge et des tailles dans la population 17
Température au fond – Relevé NR 17
Température de la surface de la mer au printemps 18
Abondance du capelan – Relevé NR 18
Recrutement de morue – Relevé NR 19
Recrutement de flétan noir – Relevé NR 19

Recrutement de crabe des neiges – Relevé NR 19

RÉSUMÉ DES FEUX DE CIRCULATION 20

PRISES ACCESSOIRES 20

RÉSULTATS ET DISCUSSION 20

ABONDANCE 21

Research Vessel Abundance Index....21
Gulf Vessels Catch Per Unit Effort....24
Commercial Trawler Standardised Catch Per Unit Effort....25
Research Vessel Coefficient of Variation....25

COMMERCIAL FISHING AREA....26

PRODUCTION....27
Research Vessel Belly-bag Abundance at Age 1....27
Research Vessel Abundance at Age 2....28
Research Vessel Abundance at Age 4....29
Research Vessel Spawning Stock Biomass (Females)....29
Average Size at Sex Transition (L_t)....30
Average Maximum Size (L_{max})....30
Predation....31

FISHING IMPACTS....31
Commercial Counts....31
Exploitation Index....32
Female Exploitation Rate....32
Mean Size of Females in Catch....32
Proportion of Females in Catch....33
Fishing during Ovigerous Period....33

ECOSYSTEM....34
Population Age-Length Evenness....34

Research Vessel (Groundfish Survey) Bottom Temperatures....35
Spring Sea Surface Temperatures....35

Research Vessel Capelin Abundance....36
Cod Recruitment....36
Greenland Halibut Recruitment....37
Snow Crab Recruitment (2009 Value not Available)....37

TRAFFIC LIGHT SUMMARY....38

ACKNOWLEDGEMENTS....40

REFERENCES....41

TABLES....45

FIGURES....53

APPENDIX....69

Indice d'abondance – Relevé NR....21
Prises par unité d'effort des bateaux du Golfe....24
Prises par unité d'effort normalisées des chalutiers de pêche commerciale....25
Coefficient de variation – Relevé NR....25

ZONE DE PÊCHE COMMERCIALE....26

PRODUCTION....27
Abondance à l'âge 1 – Relevé NR avec sac vitellin....27
Abondance à l'âge 2 – Relevé NR....28
Abondance à l'âge 4 – Relevé NR....29
Biomasse du stock reproducteur (femelles) – Relevé NR....29
Taille moyenne au changement de sexe (L_t)....30
Longueur maximale moyenne (L_{max})....30
Prédation....31

EFFETS DE LA PÊCHE....31
Comptes commerciaux....31
Indice d'exploitation....32
Taux d'exploitation des femelles....32
Taille moyenne des femelles dans les prises....32
Proportion de femelles dans les prises....33
Pêche en période ovigère....33

ÉCOSYSTÈME....34
Répartition équilibrée des classes d'âge et des tailles dans la population....34
Température au fond – Relevé NR sur le poisson de fond....35
Température de la surface de la mer au printemps....35
Abondance du capelan – Relevé NR....36
Recrutement de morue....36
Recrutement de flétan noir....37
Recrutement de crabe des neiges (valeur pour 2009 non disponible)....37

RÉSUMÉ DES FEUX DE CIRCULATION....38

REMERCIEMENTS....40

RÉFÉRENCES....41

TABLEAUX....45

FIGURES....53

ANNEXE....69

Correct citation for this publication:

Koeller, P, C. Fuentes-Yaco, M. Covey, M. King and B. Zisserson. 2011. The Last Traffic Light on the Scotian Shelf: Shrimp 2009-2010. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2011/061: vi + 84p.

La présente publication doit être citée comme suit :

Koeller, P, C. Fuentes-Yaco, M. Covey, M. King et B. Zisserson. 2011. Le dernier feu de circulation sur le plateau néo-écossais pour 2009-2010 : la crevette. Secr. can. consult. sci. du MPO, Doc. rech. 2011/061 : viii + 84p.

ABSTRACT

The DFO-industry survey stratified mean increased nearly 50% over the previous year to the second highest on record. The biomass estimate rose from 30,904 to 45,424mt, slightly lower than the record high 48,438mt of 2004. Although the increase can be accounted for, at least in part, by continued growth and recruitment to the survey trawl of the large 2001 year class, a concurrent increase in the standardized commercial CPUE, presumably also due to these factors, was only 10% above the previous year. This suggests that part of the survey increase was due to other, survey-related factors. Moreover, two independent abundance indicators (commercial standardized CPUE and shrimp catches in the snow crab survey), do not show the decreasing biomasses exhibited by the shrimp survey from 2004-2008, rather, they suggest continued high or even increasing abundances during this period. In addition, logbook data show that the area containing the highest commercial shrimp catch rates has remained large or increased in size during the same period, with no evidence of higher concentrations in smaller areas that are expected during a biomass downturn. Prior to the 2009 survey it was observed that the angle of attack of the Nordmore grate in the survey trawl had decreased significantly due to stretching of forward meshes, a change that probably decreased trawl efficiency and survey catches significantly. Consequently, it can be concluded that at least part of the decrease in the survey index from 2004-2008 was due to decreased efficiency of the survey gear, and part of the increase in 2009 due to repairs effected prior to the survey. On the other hand, shrimp catches from a third independent survey (July groundfish) parallel shrimp survey results, suggesting that the observed changes are real, possibly due to changes in availability associated with changing geographic and vertical distribution. Belly bag results, which are not affected by the Nordmore grate, indicate that the 2007 and 2008 year

RÉSUMÉ

L'indice moyen selon le relevé MPO-industrie a augmenté par presque 50 % par rapport à l'année précédente, pour se situer au deuxième rang des indices les plus élevés enregistrés. La biomasse estimative est passée de 30 904 t à 45 424 t, un niveau légèrement plus bas que le pic record de 48 438 t en 2004. Une partie de cette augmentation peut être attribuée à la croissance et à la disponibilité accrue de la forte classe d'âge 2001 au chalut de relevé. Une augmentation simultanée de l'indice normalisé des PUE est probablement imputable à ces facteurs également. Les PUE n'ont toutefois augmenté que par 10 % par rapport à l'année précédente; l'écart est probablement dû à des facteurs reliés au relevé. En outre, deux indicateurs d'abondance indépendants de la pêche (PUE normalisées de la pêche commerciale et prises de crevette dans le relevé sur le crabe des neiges) ne révèlent pas la tendance à la baisse que montraient les relevés sur la crevette de 2004 à 2008, mais plutôt une abondance encore élevée ou même à la hausse durant cette période. De plus, les données des journaux de bord révèlent que la zone connaissant les taux de capture les plus élevés est demeurée grande ou s'est agrandie durant la même période. Aucun signe de la forte agrégation attendue dans de petites zones lorsque la biomasse fléchit n'était évident. Il a été remarqué avant le relevé de 2009 que l'angle d'attaque de la grille Nordmore du chalut de relevé avait nettement diminué à cause de l'étirement du panneau de filet antérieur, ce qui réduisait probablement l'efficacité du chalut et les prises de relevé. Il peut donc être conclu qu'au moins une partie de la diminution de l'indice de relevé de 2004 à 2008 est due à l'efficacité réduite de l'engin de relevé et qu'une partie de son augmentation en 2009 est due aux réparations effectués avant le relevé. Par contre, les prises de crevettes dans un troisième relevé indépendant (relevé de juillet sur le poisson de fond) sont analogues à celles du relevé sur la crevette, ce

classes are strong, confirming that a new (third) biomass cycle is underway, probably stemming from the large number of females from the 2001 year class in those years. This is evidence that a large spawning stock biomass is important for the production of the large year classes on which the fishery depends. Like total biomass, SSB was also underestimated between 2004 and 2008 due to decreased survey trawl efficiency. The SSB estimate for 2009 is the second highest on record - there is currently no concern for recruitment overfishing. It appears that the 2001 year class, 8 years old in 2009, has still not completed sex change and is contributing significantly to the abundance (second highest of the series) of Age 4+ males. These will change sex and contribute to the SSB (females) in 2010. The decreasing trend in size at sex change and maximum size appears to have started to reverse as males from the 2001 year class are changing sex over a number of years, and have additional years to grow as males. Growth of the 2001 year class is clearly seen in the fishery which has reported a significant decrease in counts (i.e. increased average size) since 2007. In addition to good counts, the fishery experienced record catch rates in 2009. Largely in response to improvements associated with the biomass increase, the overall "traffic light", summarizing 25 stock health indicators, reverted to green in 2009.

qui semble indiquer que les changements observés sont réels, pouvant être dus à des changements dans la disponibilité associée à un changement dans la distribution géographique et verticale. Les résultats du relevé au chalut avec sac ventral, sur lesquels la grille Nordmore n'a pas d'effet, indiquent que les classes d'âge 2007 et 2008 sont fortes, ce qui confirme qu'un nouveau cycle est en cours, issu probablement du grand nombre de femelles produites par la classe d'âge 2001 ces années-là. Cela prouve que de fortes biomasses du stock reproducteur (BSS) produisent de fortes classes d'âge, dont la pêche dépend. Comme la biomasse totale, la BSS a aussi été sous-estimée de 2004 à 2008 à cause de l'efficacité réduite du chalut de relevé. La BSS estimative pour 2009 vient au deuxième rang des biomasses les plus élevées enregistrées. La surpêche du potentiel reproducteur ne soulève aucune préoccupation à l'heure actuelle. La classe d'âge 2001, d'âge 8 en 2009, ne semble pas encore avoir fini de changer de sexe et elle contribue nettement à l'abondance (au deuxième rang de la série) de mâles d'âge 4+. Ces derniers changeront de sexe et contribueront à la BSS en 2010. La tendance décroissante dans la longueur au changement de sexe et la taille maximale semble s'est quelque peu inversée à cause du changement de sexe tardif des mâles de la classe d'âge 2001, qui ont pu grossir pendant une autre année. La croissance de cette classe d'âge se manifeste clairement dans la pêche par une diminution marquée du nombre de crevettes à la livre (taille moyenne plus élevée) depuis 2007, En plus des bons comptes, la pêche a connu des taux de capture records en 2009. En grande partie en réponse aux améliorations résultant de la hausse de la biomasse, le feu de circulation global résumant 25 indicateurs de l'état du stock est revenu à vert en 2009.

Despite decreasing survey biomass indices between 2004 and 2008, TACs were set at a high level for those years, largely based on the strength of the 2001 year class which began to recruit to the fishery in 2004. With the 2001 year class nearing the end of a "normal" life span (approximately 6 years) in this area, biomasses were expected to continue decreasing after 2008, consequently the TAC for 2009 was reduced to avoid an increase in exploitation rates. With 2009 exploitation estimated at 7.2%, the second lowest on record, it now appears that this was premature, due to an underestimate of the longevity of this year class and biased survey results. It is not clear if this year class, at Age 9,

Malgré la diminution des indices de biomasse de relevé entre 2004 et 2008, les TAC ont été fixés à des niveaux élevés durant cette période, en grande partie à cause de la force de la classe d'âge 2001, qui a commencé à être recrutée à la pêche en 2004. Cette classe d'âge s'approchant de la fin de son cycle de vie (qui dure environ six ans) dans cette région, il était attendu que les biomasses continueraient de diminuer après 2008; le TAC pour 2009 a donc été réduit afin d'éviter que les taux d'exploitation augmentent. Comme les taux estimatifs en 2009 se situaient à 2,7 %, pour venir au deuxième rang des niveaux les plus faibles enregistrés, il semble maintenant que cette réduction, due à une sous-estimation de

will support the fishery in 2010 at the higher TACs of 2004-2008, given uncertainties in natural mortality. Considering the smaller size of the succeeding (2002-2006) year classes it is reasonable to expect biomasses to decrease somewhat until the stronger 2007-2008 year classes begin to recruit significantly to the survey gear and fishery, probably in 2011-2012. However, the strength of the succeeding year classes were probably underestimated due to decreased survey trawl efficiency and/or other factors, consequently it is difficult to predict how much, or even if, biomasses will decrease in the interim. Considering the continually increasing catch rates since the 1980s, problems interpreting shrimp survey downturns, and recent results from crab and groundfish surveys, it appears that the stock has increased to a high and stable level, which may represent its carrying capacity under current environmental conditions. It is not clear at this time if the fishery has had any measurable affect on this biomass trajectory. It is possible that the stock can sustain harvest levels higher than those imposed to date. This can be confirmed through continued precautionary adaptive management, involving cautious TAC increases and rapid decreases in response to negative indicators, as was done in the past in this fishery, and as currently proposed as a longer-term management strategy and formal precautionary approach incorporating adaptive management, with basic decision control rules applied within limit reference points.

la longévité de cette classe d'âge et aux résultats de relevé biaisés, était prématurée. Il n'est pas clair si cette classe d'âge, d'âge 9, alimentera la pêche en 2010 aux TAC élevés de la période 2004-2008 étant donné l'incertitude entourant la mortalité naturelle. Compte tenu de la plus petite taille des classes d'âge subséquentes (2002-2006), il est raisonnable de s'attendre à ce que les biomasses diminuent quelque peu jusqu'à ce que les plus fortes classes d'âge 2007 et 2008 commencent à être recrutées à l'engin de relevé et à la pêche, probablement en 2011-2012. Toutefois, la force des classes d'âge subséquentes a probablement été sous-estimée à cause de l'efficacité réduite du chalut de relevé et/ou d'autres facteurs. Il est donc difficile de prédire si ou dans quelle mesure les biomasses vont diminuer entre temps. Compte tenu de l'augmentation soutenue des taux de capture depuis les années 1980, des problèmes d'interprétation des baisses des indices de relevé et des résultats des relevés récents sur le crabe et le poisson de fond, il semble que les effectifs du stock aient augmenté pour se situer à un niveau élevé et stable, ce qui peut représenter la capacité de charge du milieu actuel. Il n'est pas clair à ce moment-ci si la pêche a eu un effet mesurable sur la trajectoire de la biomasse. Il est possible que le stock peut soutenir des niveaux de capture plus élevés que ceux imposés jusqu'à maintenant. La poursuite de la gestion adaptative reposant sur la prudence, y compris l'augmentation prudente des TAC et leur réduction rapide en réponse à des indicateurs négatifs, comme il l'a été fait par le passé et actuellement proposé à titre de stratégie de gestion à long terme et d'approche de précaution officielle incorporant la gestion adaptative (avec des règles décisionnelles de base appliquées à des points de référence limites) permettra de le confirmer.

INTRODUCTION

The biology of northern shrimp, *Pandalus borealis*, is reviewed in Shumway et al. (1985) for various stocks world-wide, and by Koeller (1996a, 2000, 2006) and Koeller et al. (2000a, 2003a) for the eastern Scotian Shelf stock. The rationale for the assessment and management approach used is described in Koeller et al. (2000b). The history of the eastern Scotian Shelf shrimp fishery and recent stock assessments are given in Koeller 1996b and Koeller et al. (1996, 1997, 1998, 1999, 2001, 2002, 2003b, 2004, 2005, 2006a, 2006b, 2008, 2009). Although there has been some shrimp fishing on the Scotian Shelf since the 1960s, the Nova Scotia fishery began to expand toward its full potential only when groundfish bycatch restrictions were overcome with the introduction of the Nordmore grate in 1991. The total allowable catch (TAC) was first reached in 1994, when individual Shrimp Fishing Area (SFAs) quotas were removed. With biomass at historical highs and continued good recruitment, the TAC was raised from 3100mt to 3600mt for 1997 and to 3800mt for 1998. Despite evidence of reduced recruitment to the population, and because of continued high spawning stock biomasses (SSBs) and large year classes (1993-1995) recruiting to the fishery, the TAC was increased to 5000mt for 1999 and to 5500mt for 2000. With the strong year classes completing their life cycle; recruitment only average; a decreasing trend in the survey biomass; increasing exploitation rates; changes in the distribution of the resource, possibly due to increasing temperatures and\or separation of sizes on the grounds; and increasing harvest levels during the ovigerous period, the TAC was reduced to 5000mt for 2001 and to 3000mt for 2002 and 2003. In 2003, the survey index increased for the first time following 3 successive declines and the TAC was raised to 3500mt for 2004. Signs of improved recruitment in the form of a very strong 2001 year class suggested that the stock would continue to increase. The 2004 survey biomass was the highest on record and the TAC was raised to 5000mt for the 2005 fishery. Despite a declining trend since 2004, biomass has remained relatively high, especially in SFA 14. Consequently, TACs were kept at 5000mt for the 2006-2008 fisheries. With the 2001 year class at or past normal life expectancy, below average recruitment following, and a large biomass decrease in SFA 14, biomass was predicted to continue decreasing. Consequently

INTRODUCTION

La biologie de la crevette nordique, *Pandalus borealis*, est passée en revue dans l'étude de divers stocks mondiaux de Shumway *et al.* (1985) et dans les études du stock de l'est du plateau néo-écossais de Koeller *et al.* (2000a; 2003b). Le fondement de l'approche d'évaluation et de gestion utilisée est décrit dans Koeller *et al.* (2000b). L'historique de la pêche de la crevette dans l'est du plateau néo-écossais ainsi que des évaluations récentes de ce stock se trouvent dans Koeller (1996b) et Koeller *et al.* (1996; 1997; 1998; 1999; 2001; 2002; 2003b; 2004; 2005; 2006a; 2006b; 2008; 2009). Bien que la crevette ait été un peu pêchée sur ce plateau depuis les années 1960, la pêche néo-écossaise a commencé à vraiment prendre de l'ampleur vers l'atteinte de son plein potentiel que lorsque l'introduction, en 1991, de la grille Nordmore a permis de surmonter les restrictions sur les prises accessoires de poisson de fond. Le total des prises autorisées (TAC) a été atteint pour la première fois en 1994, lorsque les quotas individuels par zone de pêche (ZPC) ont été éliminés. La biomasse atteignant des pics historiques et le recrutement continuant d'être bon, le TAC a été augmenté, de 3 100 t à 3 600 t pour 1997 et 3 800 t pour 1998. Malgré des signes probants d'une réduction du recrutement au stock et en raison du maintien de la biomasse du stock reproducteur (BSR) à un niveau élevé et du recrutement à la pêche d'importantes classes d'âge (1993-1995), le TAC a été augmenté à nouveau, à 5 000 t pour 1999 et 5 500 t pour l'an 2000. La fin du cycle de vie des importantes classes d'âge, le recrutement moyen, la biomasse de relevé tendant à la baisse, le taux d'exploitation plus élevé, les changements dans la distribution de la ressource (résultant peut-être de la température de l'eau à la hausse et/ou de la séparation des tailles dans les pêcheries) et les niveaux plus élevés de prises de femelles ovigères ont nécessité une réduction du TAC, à 5 000 t pour 2001 et 3 000 t pour 2002 et 2003. En 2003, l'indice de relevé a augmenté pour la première fois après avoir diminué trois années consécutives et le TAC a été porté à 3 500 t pour 2004. Des signes d'amélioration du recrutement, prenant la forme d'une classe d'âge 2001 très forte, ont donné à penser que les effectifs du stock continueraient d'augmenter. La biomasse de relevé de 2004 était la plus élevée qui ait été enregistrée et le TAC a été augmenté à 5 000 t pour 2005. Malgré

the TAC for 2009 was decreased to 3500 to prevent an increase in the exploitation rate.

une tendance à la baisse depuis 2004, la biomasse est demeurée relativement élevée, en particulier dans la ZPC 14. Par conséquent, le TAC a été maintenu à 5 000 t pour la période allant de 2006 à 2008. Puis, comme il a ensuite été prédit que la biomasse continuerait à diminuer en raison de la fin du cycle de vie de la classe d'âge 2001, du recrutement résultant inférieur à la moyenne et de la forte diminution de la biomasse dans la ZPC 14, le TAC pour 2009 a été réduit, à 3 500 t, pour prévenir l'augmentation du taux d'exploitation.

In 2001, shrimp prices dropped sharply, partly due to large quantities of small shrimp in the Newfoundland and Labrador inshore fishery. This resulted in voluntary closures or greatly reduced fishing effort in the Newfoundland, Gulf of St. Lawrence, and eastern Scotian Shelf fisheries during the summer. There were no closures on the Scotian Shelf in 2002. From 2003 to 2009, effort on the Scotian Shelf virtually stopped during the summer to avoid soft shrimp and crab traps, but picked up again during the fall. Prices for coldwater shrimp have remained low in recent years due to high inventories, small shrimp, and competition from warm water wild and aquacultured shrimp production. This has had serious and widespread economic consequences for the coldwater shrimp industry, ranging from the large offshore concerns (freezer trawlers) operating on both sides of the North Atlantic, to the small inshore trap fishery in Chedebucto Bay, Nova Scotia, which had very low effort since 2005.

Les prix de la crevette ont chuté en 2001, en partie à cause des grandes quantités de petites crevettes dans les pêcheries côtières de Terre-Neuve-et-Labrador, ce qui a nécessité des fermetures volontaires de la pêche ou une forte réduction de l'effort de pêche déployé en été dans les pêcheries de Terre-Neuve, du golfe du Saint-Laurent et de l'est du plateau néo-écossais. La pêche sur le plateau n'a pas été interdite en 2002, mais de 2003 à 2009, presque aucun effort n'y a été déployé en été afin d'éviter les crevettes « molles » et les casiers à crabe, mais il a repris par la suite durant l'automne. Les prix de la crevette d'eau froide sont demeurés faibles dans les dernières années en raison du niveau des stocks élevé, des petites crevettes et de la compétition par la crevette d'eau douce sauvage et d'élevage, ce qui a eu des conséquences économiques graves et généralisées pour l'industrie de la crevette d'eau froide, des grands chalutiers-congélateurs hauturiers pêchant des deux côtés de l'Atlantique Nord à la petite pêche côtière aux casiers dans la baie Chedebucto, en Nouvelle-Écosse, dont l'effort est très faible depuis 2005.

Since 1999, many shrimp stock assessments have included a "Traffic Light" analysis (Koeller et al. 2000b, Mohn et al. 2001, Halliday et al. 2001, Caddy et al. 2005). The organisation of this report is based on this multiple indicator diagnostic approach, with the "Methods" and "Results and Discussion" sections for individual indicators grouped under headings representing "characteristics," in the order they are presented in the summary. The sections on each indicator in "Methods" provide the methods used to calculate the indicators, and describe their relevance to the characteristic they represent. In "Results and Discussion," the indicators always represent summary data for the entire area, i.e. all SFAs combined, according to the current practice of managing the fishery as one stock. The indicator series used in the analysis is given

Depuis 1999, une analyse des feux de circulation (Koeller *et al.*, 2000b; Mohn *et al.*, 2001; Halliday *et al.*, 2001; Caddy *et al.*, 2005) est incluse dans de nombreuses évaluations des stocks de crevette. L'organisation du présent rapport repose sur cette méthode de diagnostic par indicateurs multiples; les sections *Méthodes* et *Résultats et discussion* pour les indicateurs individuels sont groupées sous les entêtes représentant les caractéristiques dans l'ordre qu'elles sont présentées dans le résumé. Les parties de la section *Méthodes* portant sur chaque indicateur identifient les méthodes de calcul des indicateurs et décrivent leur pertinence pour la caractéristique qu'elles représentent. Dans *Résultats et discussion*, les indicateurs représentent toujours des données sommaires pour l'ensemble des ZPC,

as an uncaptioned figure directly after the indicator heading. In addition to the indicator time series themselves, their sections in "Results and Discussion" include data which support trends seen in the summarised data. These data are given as numbered and captioned figures and tables at the end of the document. For example, individual SFA data often replicate the indicator trends and thus substantiate them. Supporting data may be entirely different from the main indicator, for example: catch rates in the shrimp trap fishery supported the apparent increasing shrimp aggregation shown by the survey and catch per unit effort (CPUE) data; anecdotal reports of large numbers of 1 year old shrimp found on Cape Breton beaches in 2002 supported survey data indicating a strong 2001 year class, etc. This additional information may be used in the interpretation associated with any change that is given in the "Results and Discussion," but it is not used in the summary traffic light "scores." In any case, it should be noted that such scoring is not at this point intended to be translated directly into management action, for example, in the form of rules linked to summary scores. The "Traffic Light" is currently seen simply as a tool for displaying, summarising, and synthesizing a large number of relevant yet disparate data sources into a consensus opinion on the health of the stock. Draft "reference points" and "control rules" within the framework of the Traffic Light analysis were to be reviewed during the 2009 RAP meeting, in order to meet conditions associated with the development of the Integrated Fisheries Management Plan.

conformément à la pratique actuelle de gestion de la pêche comme un seul stock. La série chronologique utilisée dans l'analyse d'un indicateur est illustrée dans une figure non titrée directement après la rubrique de ce dernier. Dans la section *Résultats et discussion* de chaque indicateur, des données sont aussi incluses pour appuyer les tendances vues dans les données sommaires. Ces données sont illustrées dans des figures et des tableaux numérotés et titrés à la fin du document. Par exemple, les données sur chaque ZPC reflètent souvent les tendances des indicateurs et les confirment donc. Les données à l'appui peuvent être entièrement différentes de l'indicateur principal. Par exemple, les taux de capture au casier appuient l'agrégation croissante apparente de la crevette révélée par les données de relevé et sur les PUE; des rapports anecdotiques de grandes quantités de crevettes d'un an trouvées sur les plages du Cap-Breton en 2002 appuient les données de relevé à l'effet que la classe d'âge 2001 est forte, etc. Cette information additionnelle peut être utilisée pour interpréter tout changement indiqué dans *Résultats et discussion* mais elle n'est pas utilisée dans les « notes » sommaires des feux de circulation. Il est à noter que l'intention n'est pas à ce point-ci de traduire directement ce classement en mesure de gestion, p. ex. des règles liées aux notes sommaires. À l'heure actuelle, la méthode des feux de circulation est considérée comme un simple outil pour illustrer, résumer et synthétiser un grand nombre de sources de données pertinentes mais disparates en une opinion unanime sur l'état du stock. Une révision des points de référence et des règles de pêche provisoires du cadre de l'analyse des feux de circulation devait être effectuée lors de la réunion du PCR de 2009 afin de satisfaire aux conditions liées à l'élaboration du Plan de gestion intégrée des pêches.

The shrimp fishing areas on the Scotian Shelf are shown in Figure 1. Table 1 provides basic catch statistics for the fishery since 1980, and Table 2 gives licensing information for the recent period covered under sharing agreements between the Scotia Fundy and Gulf fleets and a multi-year (1998-2002) Integrated Management Plan that included provisions for temporary licences during favourable periods. Although this management plan expired in 2002 and negotiations for a renewed agreement were not successful, the 2003-2006 fisheries essentially operated under its provisions, which included removal of temporary licences when the quota dropped

Les zones de pêche de la crevette du plateau néo-écossais sont illustrées à la figure 1. Des statistiques de base sur les prises réalisées depuis 1980 sont présentées au tableau 1. De l'information sur les permis pour la période récente couverte par des accords de partage entre les flottilles de Scotia-Fundy et du Golfe et un plan pluriannuel (1998-2002) de gestion intégrée contenant des dispositions d'émission de permis temporaires durant des périodes favorables est présentée au tableau 2. Bien que ce plan de gestion ait expiré en 2002 et que les négociations en vue de son renouvellement n'aient pas été fructueuses, ces dispositions ont

below an agreed threshold. Disagreement between temporary licence holders, who wanted permanency, and the permanent fleet component prevented the successful negotiation of a new multi-year plan. This stumbling block was removed when temporary licences were made permanent, albeit with a lower Individual Transferable Quota (ITQ) than previous permanent licence holders, for the 2005 fishery, and it currently operates under an Integrated Fisheries Management Plan for 2007-2011.

essentiellement régi la conduite des pêches de 2003 à 2006, y compris le retrait des permis temporaires lorsque le quota chutait jusqu'à un seuil convenu. Le désaccord entre les détenteurs de permis temporaire, qui voulaient la permanence, et les détenteurs de permis permanent a empêché la négociation fructueuse d'un nouveau plan pluriannuel. Cette achoppe a été éliminée lorsque les permis temporaires ont été transformés en permis permanents, quoique assortis d'un QIT moins élevé que les détenteurs de permis permanents précédents, pour la pêche de 2005. La conduite de la pêche est maintenant assujettie à un PGIP pour 2007-2011.

The experimental trap fishery was not under quota management from 1995-1998 except for a 500mt precautionary "cap," and so the total catch exceeded the TAC due to the trap fishery catch. When the trap fishery in Chedebucto Bay was made permanent in 1999, a trap quota was set at 10% of the total TAC, e.g. 500 tons of the 5000mt TAC was initially allocated to trappers in 1999. Most of any uncaught portion of the initial trap quota was reallocated to the mobile fleet. This reallocation has tended to be late in the year, and some fishers were unable to take advantage of the additional quota; hence, the overall catch has been lower than the TAC since 1999, although other factors have contributed to this as noted above. Note also that the trap quota reallocation has been based on projected catches that were not achieved during some years. In an attempt to avoid reallocations, in 2004, only 300mt were allocated to this fishery, which is closer to its capacity. With an increase in the TAC for 2005, this was increased to 392mt, but trap fishing effort and catch were very low during 2005-2009 due to poor market conditions. The trap fishery has an allocation of 8% of the TAC as per the IFMP; however quota transfers have decreased the trap 'quota' to 100t and 25t in the last two years – see Table 1.

Du fait que la pêche expérimentale au casier n'était pas assujettie à des quotas de 1995 à 1998, à l'exception d'un plafond prudent de 500 t, les prises totales ont dépassé le TAC. Lorsque la pêche au casier dans la baie Chedebucto a été transformée en pêche permanente en 1999, le quota a été fixé à 10 % du TAC total (au départ, 500 t du TAC de 5 000 t ont été attribuées aux pêcheurs au casier). La plus grande partie de toute portion du quota initial non capturée a été attribuée à la flottille des engins mobiles. Ce transfert a eu tendance à être effectué tard dans l'année, et quelques pêcheurs n'ont pas pu tirer parti de ce quota additionnel, de sorte que les prises totales sont inférieures au TAC depuis 1999, bien que d'autres facteurs soient en cause, comme il l'est indiqué ci-dessus. Il faut noter également que ce transfert reposait sur les prises prévues qui n'ont pas été récoltées certaines années. Afin de l'éviter, l'allocation de pêche au casier a été limitée à 300 t en 2004, un niveau plus proche de la capacité de cette pêche. Suite à une augmentation du TAC pour 2005, cette allocation a été portée à 392 t, mais l'effort de pêche et les prises au casier étaient très faibles de 2005 à 2009 à cause du marché faible. Selon le PGIP, la pêche au casier a une allocation de 8 % du TAC, mais les transferts de quota ont réduit le quota de pêche au casier à 100 t et 25 t respectivement dans les deux dernières années (voir le tableau 1).

The results of a surplus production model were discussed during the RAP meeting. These are given in Appendix 1.

Les résultats issus du passage d'un modèle de production excédentaire ont été étudiés lors de la réunion du PER (voir l'annexe 1).

METHODS AND MATERIALS

Traffic Light Indicators

Default boundaries between traffic lights for individual indicators, i.e. transition from green to yellow and from yellow to red were arbitrarily taken as the 0.66 and 0.33 percentiles, respectively, of the data in the series, unless an increase was considered bad for stock health, in which case these were reversed. Note that for commercial catch per unit effort series, the "polarity" of the default boundary should be considered with other indicators for certain years. Clearly, the increase in the 2 commercial CPUE series, coupled with increased aggregation and decreased survey abundance, indicated that the increase in the 2 commercial CPUE series in the most recent years should be viewed as a negative development. However, traffic lights were not changed from the default in this document. Similarly, the record high counts experienced by fishers in 2005 are negative in the context of the fishing impact characteristic because they are indicative of growth overfishing, but if considered within the production characteristic, they are positive because they substantiate fishery independent (survey) results of exceptional 4 year old shrimp abundance.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Feux de circulation

Les limites par défaut entre les feux de circulation pour chaque indicateur, c.-à-d. la transition de vert à jaune et de jaune à rouge, ont été arbitrairement fixées aux 0,66 et 0,33 centiles respectivement des données de la série, à moins qu'une augmentation ait été considérée comme étant mauvaise pour l'état du stock, dans lequel cas elle a été renversée. Il est à noter que pour la série de données sur les prises commerciales par unité d'effort, la « polarité » de la limite par défaut devrait être considérée de pair avec d'autres indicateurs pour certaines années. Il est évident que l'augmentation dans les deux séries des PUE de la pêche commerciale, ajoutée à l'agrégation accrue et à l'abondance réduite selon le relevé, indiquent que l'augmentation dans les dernières années devrait être considérée comme étant un élément négatif. Les feux de circulation par défaut n'ont toutefois pas été changés dans le présent document. De même, le nombre record à la livre obtenu par les pêcheurs en 2005 est un élément négatif dans le contexte de la caractéristique Impacts de la pêche parce qu'il indique une surpêche du potentiel de croissance, mais s'il est considéré dans le contexte de la caractéristique Production, il est un élément positif parce qu'il corrobore les résultats indépendants de la pêche (relevé) d'une abondance exceptionnelle de crevettes de quatre ans.

ABUNDANCE

Research Vessel Abundance Index

A 15th industry-funded trawl survey, incorporating a mixed stratified random - fixed station design, was conducted in June 2009. Survey design and station selection methods were similar annual surveys completed since 1995: fishing depths >100 fathoms, randomly selected stations in strata 13 and 15; fixed stations in strata 14 due to the difficulty in finding trawlable bottom; 30 minute tow length; and 2.5 knot vessel speed. Stations in strata 17 (inshore) were selected randomly at all depths having a bottom type identified as LaHave clay on Atlantic Geosciences Centre surficial geology maps.

ABONDANCE

Indice d'abondance – Navire de recherche

Un quinzième relevé au chalut financé par l'industrie intégrant un échantillonnage stratifié de stations fixes et de stations choisies au hasard a été réalisé en juin 2009. Les méthodes de conception du relevé et de sélection des stations étaient comparables à celles des relevés annuels effectués depuis 1995 : profondeurs > 100 brasses, stations choisies au hasard dans les strates 13 et 15, stations fixes dans la strate 14 à cause de la difficulté à trouver un fond chalutable, traits d'une durée de 30 minutes et vitesse de trait de 2,5 nœuds. Les stations dans la strate 17 (eaux côtières) ont été choisies au hasard à toutes les profondeurs où le fond, d'après les cartes de la géologie des dépôts meubles de la Commission géologique du Canada (Atlantique), était composé d'argile La

Hève.

The 2009 survey was completed by MV *Cody & Kathryn*, which had also conducted the survey in 1995 and 1998. The previous 7 years of the survey (2002-2008) had been conducted by MV *All Seven*. All surveys since 1997 were conducted using the standard trawl (Gourock #1126 2-bridle shrimp trawl and #9 Bison doors). Biomass/population estimates (swept area method) and bootstrapped confidence intervals (Smith 1997) were calculated using the catch/standard tow (17.4 m x 1.25nm), i.e. the actual catch adjusted to the standard by the average measured wing spread (using Netmind sensors) of the survey trawl during each tow and the actual distance travelled (Halliday and Koeller 1981).

Le relevé de 2009 a été effectué par le *Cody & Kathryn*, utilisé également en 1995 et 1998, alors que les sept relevés précédents (2002-2008) ont été effectués par le *All Seven*. Le chalut de relevé standard (chalut à crevettes Gourock n° 1126 à deux brides et portes Bison n° 9) a été utilisé pour tous les relevés depuis 1997. Les estimations de biomasse et de population ainsi que les intervalles de confiance selon la méthode bootstrap (Smith, 1997) ont été calculés d'après les prises par trait standard, c.-à-d. le produit de l'écartement moyen des ailes du chalut (17,4 m), mesuré au moyen de senseurs Netmind, et de la distance réelle parcourue (1,25 NM) durant chaque trait de relevé standard (Halliday et Koeller, 1981).

The co-operative DFO-industry series begun in 1995 used several different vessel-trawl combinations requiring comparative fishing experiments in 1996 and 1997 (Koeller et al. 1997). In order to obtain a wider range of indicator values for this series, it was extended to include DFO surveys conducted in 1982-1988, a period of low abundance in contrast to the present period of high abundance. There were no comparative fishing experiments that allowed direct intercalibration of the 2 survey series, consequently, catch data were only adjusted by the difference in the wing spreads of the trawls used. Wing spreads were based on the performance specifications of the trawl used for the earlier series, and from actual measurements for the latter series. However, it is probable that the trawl used during the recent series was more efficient in catching shrimp than during the 1982-1988 series, consequently, *the large differences in catch rates between the 2 series may be exaggerated and should be interpreted cautiously.* Since the cod end mesh size in both series was the same (40mm) size selectivities of the 2 series were assumed to be the same.

Plusieurs différentes combinaisons navire-chalut ont été utilisées dans le cadre de la série de relevés effectués en collaboration par le MPO et l'industrie depuis 1995, mais elles ont nécessité la conduite d'expériences de pêche comparée en 1996 et 1997 (Koeller *et al.*, 1997). Pour obtenir une plus vaste gamme de valeurs d'indicateur pour cette série, cette dernière a été élargie de sorte à inclure les relevés effectués par le MPO de 1982 à 1988, une période de faible abondance par opposition à la période actuelle d'abondance élevée. Aucune expérience de pêche comparée permettant de faire un étalonnage comparatif direct des deux séries de relevé n'ayant été menée, les données sur les prises n'ont été ajustées qu'en fonction de la différence dans l'écartement des ailes des chaluts utilisés. L'écartement des ailes correspond aux spécifications fonctionnelles du chalut utilisé pour la première série de relevés et aux mesures effectives pour l'autre. Il est toutefois probable que le chalut utilisé pour la récente série de relevés était plus efficace que celui utilisé de 1982 à 1988. Par conséquent, *les différences importantes dans les taux de capture entre les deux séries peuvent être exagérées et devraient être interprétées avec prudence.* Étant donné que le maillage du cul de chalut dans les deux séries de relevé était pareil (40 mm), nous avons supposé que la sélectivité par taille était également pareille.

Adjustments to the Standard Trawl for the 2009 Survey

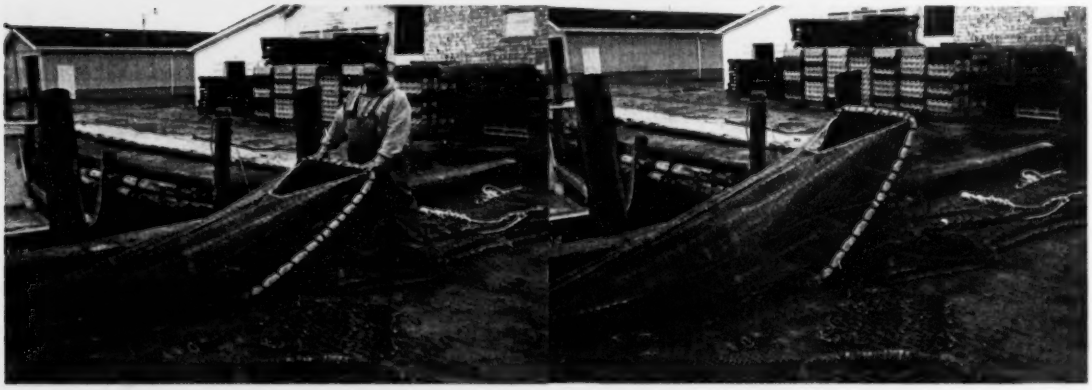
There were no major concerns with a change in vessel in 2009 since the same survey trawl was to be used. However, upon inspection Captain

Réparations apportées au chalut standard pour le relevé de 2009

Le changement de navire de relevé en 2009 n'a soulevé aucune préoccupation étant donné que le même chalut serait utilisé. Toutefois, à

Schrader noted that the trawl and rigging required significant repairs in order to meet specifications. These repairs included replacement of worn "hockey sticks" (door attachments), lengthening of the chain forward of the bridle-end triangle (by 1 ft.), and a complete refurbishing of the Nordmore grate rigging. Of these, perhaps the most important in terms of trawl efficiency is the grate. The netting forward of the grate had stretched, resulting in a lower tilt angle – this was estimated to be about 30° before repair, a 30% decrease from the 45° specification. This could have resulted in significant loss of shrimp from the survey catch, resulting in an underestimate of the biomass of the 2008 survey, and possibly earlier surveys as well (see photographs below showing abnormal (left) and proper (right) grate angles).

l'inspection, le capitaine Schrader a remarqué que le chalut et le gréement nécessitaient d'importantes réparations afin de satisfaire aux spécifications. Les « bâtons de hockey » (fixations des portes) ont été remplacés, la chaîne à l'avant du bout de la patte d'oie a été rallongée d'un pied et tout le gréement de la grille Nordmore a été remis à neuf. Au plan de l'efficacité du chalut, la grille constitue probablement l'élément le plus important. La nappe de filet en avant de la grille était étirée, de sorte que l'angle d'inclinaison de la grille était plus petit – il a été estimé à environ 30° avant la réparation, soit une diminution de 30 % par rapport à la spécification de 45°. Ceci pourrait avoir mené à la perte d'une forte proportion des prises de relevé et donc à une sous-estimation de la biomasse de relevé pour 2008 et peut-être aussi pour d'années précédentes [dans la photo, angle anormal (à gauche) et angle normal (à droite) de la grille].



The possibility that the deterioration of the survey trawl could have had a significant influence on the 2009 biomass estimate was supported when the 2009 survey was conducted with the repaired trawl and catches were found to be significantly (nearly 50%) higher than in 2008. This was unexpected – previous assessments had suggested a decreasing biomass trend since the all-time high of 2004. This was attributed to the passing of the large 2001 year class through the population and was expected to continue as it died off. Consequently, some of the decrease in biomass over the last few years may have been due to changes in trawl catchability, and the decreased TAC adopted for the 2009 fishery may have been overly cautious. In this light it is also noteworthy that the last large increase in biomass (2003-2004) was associated with a gear change – in 2004 the standard survey trawl, then 7 years

Les prises du relevé de 2009, effectué avec le chalut réparé, étaient considérablement plus élevées qu'en 2008 (par presque 50 %), ce qui a confirmé la possibilité que la détérioration du chalut pourrait avoir eu un effet important sur l'estimation de biomasse pour 2009. Cela était inattendu car, selon les évaluations précédentes, la biomasse était à la baisse depuis le pic record de 2004. Ce fait a été attribué au passage de la forte classe d'âge 2001 dans la population, qui devait se poursuivre jusqu'à son épuisement. Par conséquent, une partie de la baisse de biomasse dans les dernières années peut avoir été due à des changements dans la capacité de capture du chalut et le TAC réduit fixé pour la pêche en 2009 peut avoir été trop prudent. Compte tenu de cela, il convient aussi de noter que la dernière forte augmentation de biomasse (2003-2004) était associée à un changement d'engin. En

old and in disrepair, was replaced with a new trawl but with the same specifications as the old one. The biomass estimate increased by 72% that year, however this was largely attributed to recruitment to the gear of the large 2001 year class. The chronology of survey vessels, gear changes and comparative fishing experiments are summarised below:

1995: *Cody & Kathryn* – used vessel's commercial net
1996: *Lady Megan* II – vessel's net, comparative fishing with *Cody & Kathryn*
1997: *Miss Marie* – survey trawl (new, built by Nordsea), comparative fishing with *Cody & Kathryn*
1998: *Cody & Kathryn* – survey trawl
1999-2001: *Carmel* VI (named Amelie Zoe in 1999) – survey trawl
2002-2003: *All Seven* – survey trawl (build by Pescatrawl)
2004-2008: *All Seven* – survey trawl (new in 2004)
2009: *Kathryn & Cody* – survey trawl (refurbished by Capt. Schrader)

It is also worth noting that Capt. Schrader's vessel is particularly efficient, with catch rates higher than most other vessels in the fleet during most years. Although fishing methods were standardised it is possible that unidentified factors associated with the vessel's exceptional efficiency contributed to the higher catches.

In order to determine how much of the increase in the biomass estimate between 2008 and 2009 could have been due to changes to the gear versus growth and normal recruitment to the gear, the 2008 population-at-length estimate was "grown" according to the observed growth rate, and increased in numbers according to a selectivity curve estimated from the ascending curve of all length frequency samples collected between 1995-2009 (947 samples; > 0.5 million carapace measurements). Recruitment and mortality were assumed to be the same between years and were not modelled. The difference between the modelled (projected 2008) and the actual 2009 biomass was taken to be an estimate of the amount of the increase due to gear effects.

2004, le chalut de relevé standard, vieux de sept ans et en mauvais état, a été remplacé par un nouveau chalut, de mêmes spécifications que l'ancien. Et cette année-là, l'estimation de biomasse a augmenté de 72 %. Cette augmentation a été attribuée en grande partie au recrutement à l'engin de la forte classe d'âge 2001. Un résumé des navires de relevé, des changements d'engin et des expériences de pêche comparée est fait ci-dessous.

1995 : *Cody & Kathryn* – filet de pêche commerciale du bateau
1996 : *Lady Megan* II – filet du bateau, pêche comparée avec le *Cody & Kathryn*
1997 : *Miss Marie* – chalut de relevé (neuf, fabriqué par Nordsea), pêche comparée avec le *Cody & Kathryn*
1998 : *Cody & Kathryn* – chalut de relevé
1999-2001 : *Carmel VI* (nommé *Amélie Zoé* en 1999) – chalut de relevé
2002-2003 : *All Seven* – chalut de relevé (fabriqué par Pescatrawl)
2004-2008 : *All Seven* – chalut de relevé (neuf en 2004)
2009 : *Kathryn & Cody* – chalut de relevé (remis à neuf par le capitaine Schrader)

Il convient en outre de souligner que le bateau du capitaine Schrader est particulièrement efficace : ses taux de capture pour la plupart des années sont plus élevés que ceux de la plupart des autres bateaux de la flottille. Les méthodes de pêche ont été normalisées, mais il est possible que des facteurs non identifiés liés à l'efficacité exceptionnelle de ce bateau aient contribué aux prises plus élevées.

Pour établir dans quelle mesure l'augmentation de l'estimation de la biomasse entre 2008 et 2009 pourrait être due aux modifications apportées à l'engin par opposition à la croissance et au recrutement normal à l'engin, nous avons « gonflé » l'estimation des effectifs selon la longueur en 2008 en fonction du taux de croissance observé et augmenté le nombre d'après une courbe de sélectivité estimée selon la courbe ascendante de tous les échantillons prélevés entre 1995 et 2009 (947 échantillons; plus de 0,5 million de mesures de la carapace). Nous avons supposé que le recrutement et la mortalité étaient pareils d'une année à l'autre et nous ne les avons pas modélisés. Nous avons considéré la différence entre la biomasse modélisée (projetée en 2008) et la biomasse réelle en 2009 comme étant une estimation du niveau d'augmentation dû aux effets de l'engin.

In order to compare recent biomass trends from the shrimp survey we calculated an abundance index from the fall snow crab survey. Crab surveys have been collecting accurate data on shrimp numbers and weight caught during each set since 2005, which includes most of the period showing decreasing biomasses by the shrimp surveys (i.e. 2004-2008). A total of 1546 survey tows with the standard Nephrops trawl were available for analysis between 2005 and 2008, including coverage in the area sampled by the shrimp surveys (>200 m), as well as in shallower areas. The crab survey is conducted in the fall when some shrimp move into shallower water, so the two surveys are not directly comparable, however, they would be expected to show similar abundance trends. The total number of sets conducted within the shrimp survey areas by depth, and the number of sets with shrimp are given below

Pour comparer les récentes tendances de la biomasse d'après le relevé sur la crevette, nous avons calculé un indice d'abondance d'après le relevé d'automne sur le crabe des neiges. Des données précises sur les quantités de crevettes (et leurs poids) capturées à chaque trait de ce relevé, qui couvre la plus grande partie de la période (2004-2008) durant laquelle les relevés sur la crevette ont révélé une baisse de la biomasse, sont recueillies depuis 2005. Nous avons analysé un total de 1 546 traits de relevé au moyen d'un chalut Nephrops standard faits entre 2005 et 2008, qui ont couvert des eaux de relevé sur la crevette (> 200 m) ainsi que des eaux moins profondes. Le relevé sur le crabe est effectué en automne lorsque des crevettes migrent vers des eaux peu profondes, de sorte que les deux relevés ne sont pas directement comparables, mais ils devraient montrer des tendances semblables dans l'abondance. Le nombre total de traits effectués dans les zones de relevé sur la crevette selon la profondeur et le nombre de traits avec crevettes sont indiqués dans le tableau ci-dessous.

Crab Survey Sets Selected from Shrimp Survey Areas				
	<200	>200	Total Sets	Sets with Shrimp
2005	109	30	139	114
2006	107	27	134	108
2007	104	30	134	116
2008	108	33	141	129
Total	**428**	**120**	**548**	**467**

Traits de relevé sur le crabe choisis parmi les zones de relevé sur la crevette				
	< 200	> 200	N^{bre} total de traits	N^{bre} de traits avec crevettes
2005	109	30	139	114
2006	107	27	134	108
2007	104	30	134	116
2008	108	33	141	129
Total	**428**	**120**	**548**	**467**

Gulf Vessels Catch Per Unit Effort

A CPUE index for Gulf based vessels, which have the longest history in the fishery, is calculated as a simple unstandardised mean catch/hour fished for all vessels fishing in any given year. These are the largest vessels in the fleet and although the participating vessels (and fishing gear) have changed considerably, they have always been >65' in length, compared to the <65' Nova Scotia fleet. This is an important time series, because it spans periods of both high

Prises par unité d'effort des bateaux du Golfe

L'indice des PUE établi pour les bateaux ayant leur port d'attache dans le Golfe, qui ont les plus longs antécédents de pêche, correspond à une simple moyenne non normalisée des prises par trait de tous les bateaux en pêche une année donnée. Ces bateaux sont les plus gros de la flottille et bien que ceux qui participent à la pêche (et les engins) aient changé considérablement au fil des ans, ils ont toujours plus de 65 pi, en comparaison de la flottille de la Nouvelle-Écosse,

and low abundance of the stock. However, since fishing methods and gear have improved over the years, it is likely that the differences in CPUEs between the period of low abundance (pre-1993) and the recent high abundances are exaggerated and should be interpreted cautiously.

constituée de bateaux de moins de 65 pi. Cette série chronologique est importante parce qu'elle embrasse des périodes d'abondance faible et élevée du stock. Cependant, comme les engins et les méthodes de pêche ont été améliorés au fil des ans, il est probable que les différences dans les PUE entre la période de faible abondance (avant 1993) et la période récente d'abondance élevée sont exagérées et elles doivent être interprétées avec prudence.

Commercial Trawler Standardised Catch Per Unit Effort

The standardised CPUE series for 1993-2008 uses data from April-July inclusive, the months when the bulk of the TAC is caught, for 20 vessels that have fished for at least 7 of the 17-year series. A multiple regression analysis was conducted with year, month, area, and vessel as categorical components. Predicted values and confidence limits for a reference vessel, month, and area were then calculated for each year according to Gavaris (1980). Data on catch rates were obtained from fishers' logs required from all participants and provided by DFO Maritimes Region Statistics Branch.

Prises normalisées par unité d'effort des chalutiers commerciaux

La série de PUE normalisées pour 1993 à 2008 a été établie d'après les données d'avril à juillet, soit les mois lorsque le gros du TAC est pris, pour 20 bateaux qui ont pêché pendant au moins 7 des 17 années de la série. Une analyse de régression multiple, comprenant comme composantes nominales l'année, le mois, la zone et le bateau, a été effectuée. Les valeurs prédites et les limites de confiance pour un bateau, un mois et une zone de référence ont ensuite été calculées pour chaque année d'après Gavaris (1980). Les données sur les taux de capture proviennent des journaux de bord, fournis par la Direction des statistiques de la région des Maritimes du MPO, que doivent remplir tous les pêcheurs.

An increase in this and the preceding indicator does not necessarily indicate increasing stock abundance, especially when coupled with a decrease in the area fished (see commercial fishing area below) or a decrease in the dispersion of the stock (see research vessel coefficient of variation (CV) below).

Une augmentation de cet indicateur et du précédent n'indique pas nécessairement une augmentation de l'abondance, en particulier lorsqu'il s'y ajoute une diminution de la superficie de la zone de pêche (voir Zone de pêche commerciale) ou de la distribution du stock (voir Coefficient de variation – Navire de relevé).

Research Vessel Coefficient of Variation

A measure of dispersion was calculated from survey data as the simple coefficient of variation of all survey sets for each year, i.e. the standard deviation of all catches divided by the overall average weight caught. An increase in this statistic indicates increased aggregation of shrimp on the grounds.

Coefficient de variation – Navire de relevé

Nous avons calculé une mesure de la dispersion d'après les données de relevé, qui équivaut au simple coefficient de variation de tous les traits de relevé pour chaque année (écart-type de toutes les prises divisé par le poids moyen des prises totales). Une augmentation de cette variable indique l'agrégation accrue de la crevette dans les pêcheries.

Commercial Fishing Area

A measure of dispersion was also calculated from commercial data as the number of area units (1 minute squares) having an average catch of >250kg per hour. With catch rates continuing to increase but survey estimates decreasing, a

Zone de pêche commerciale

Nous avons aussi calculé une mesure de la dispersion d'après les données de la pêche commerciale, qui équivaut au nombre d'unités de zone (carrés de 1 minute) ayant des prises moyennes de plus de 250 kg/h. Si les taux de

decrease in this index would indicate a concentration of the remaining stock in smaller areas. Interpretations of changes in this index should also take into account changes in the area of other average catch rate categories (see Figure 7), indices of abundance, and the spatial distribution of effort.

capture continuent d'augmenter mais que les estimations par relevé diminuent, une diminution de cet indice indiquerait la concentration du reste du stock dans des zones plus petites. L'interprétation des changements dans cet indice devrait aussi tenir compte des changements dans la zone d'autres catégories de taux de capture moyen (voir la figure 7), les indices d'abondance et la distribution spatiale de l'effort.

PRODUCTION

Research Vessel Age 1 Abundance

The Age 2 abundance indicator discussed below is currently the only estimate of recruitment to the population that spans the current survey time series (1995-2009). However, these shrimp are not caught efficiently by the standard survey trawl. In 2002 this was addressed by attaching a small-meshed "belly-bag" on the footrope under the belly of the standard survey trawl during all regular June survey sets. Eight years of data are now available and the results were included in the traffic light analysis for the first time this year. Belly-bag catches of *P. borealis* were frozen and returned to the laboratory for analysis. In most cases the entire catch was frozen and processed, but some of the largest catches were subsampled (<5 sub-samples/survey). Abundance of 1- year old shrimp was calculated by the swept area method as per the main trawl, except that wing spread was taken as 1m, the expected width of the belly-bag when fishing.

PRODUCTION

Abondance à l'âge 1 – Navire de relevé

L'indice d'abondance à l'âge 2 discuté ci-dessous est la seule estimation du recrutement à la population qui embrasse la série chronologique des relevés (1995-2009). Mais le chalut de relevé standard ne permet pas de capturer efficacement ces crevettes. Ce problème a été réglé en 2002 par la fixation d'un sac ventral à petit maillage à la ralingue inférieure, sous le ventre du chalut de relevé, durant tous les traits réguliers effectués en juin. Nous avons maintenant huit années de données. Les résultats sont inclus dans l'analyse des feux de circulation pour la première fois cette année. Les crevettes prises dans le sac ventral ont été congelées et transportées au laboratoire pour analyse. Dans la plupart des cas, toutes les prises ont été congelées et transformées, mais quelques grandes prises ont été sous-échantillonnées (< cinq sous-échantillons/relevé). Pour calculer l'abondance des crevettes d'âge 1, nous avons utilisé la méthode de la surface balayée par le chalut principal, sauf que nous avons fixé l'écartement des ailes à 1 m, soit la largeur attendue du sac ventral en pêche.

Research Vessel Age 2 Abundance

A random sample of 8 pounds of shrimp (approximately 300 individuals) was collected from the catch of each survey set and frozen for detailed analysis, i.e. carapace length, individual weight, sex and egg developmental stage. Survey population estimates (numbers) were determined by the swept area method using individual set length frequencies and weights caught, and a length-weight relationship. Survey population estimates by age group were then estimated by separating total population at length estimates from the swept area method into inferred age groups using modal analysis (MIX; MacDonald and Pitcher 1979).

Abondance à l'âge 2 – Navire de relevé

Nous avons prélevé un échantillon aléatoire de 8 lb de crevettes (300 environ) dans les prises de chaque trait de relevé puis nous l'avons congelé aux fins d'analyse détaillée (longueur de la carapace, stade de développement des œufs, poids et sexe). Nous avons ensuite utilisé la méthode de la surface balayée pour obtenir une estimation des effectifs du stock d'après la fréquence des longueurs et le poids des prises à chaque trait et une relation longueur-poids. Puis nous avons effectué une analyse modale pour diviser les estimations de l'effectif total selon la longueur ainsi obtenues en groupes d'âge inféré pour obtenir des estimations des effectifs par

groupe d'âge (MIX; MacDonald et Pitcher, 1979).

Research Vessel Age 4 Abundance

Age 4 abundance is calculated as per Age 2 above, from survey population at length estimates (swept area) and modal analysis.

On the Scotian Shelf, most Age 4 shrimp are in their final year as males. This group represents shrimp that will breed as males during the survey year and will change sex the following year. Since females comprise most of the catch, the last-year males are a measure of recruitment to the fishery.

Research Vessel Spawning Stock Biomass (Females)

The spawning stock biomass, or total weight of females in the population, was calculated with the swept area method from the weight of females in each set, determined by identifying females and their lengths in the detailed sample, the total catch weight, and a length-weight relationship. This estimate includes shrimp that were in the transitional stage during the survey. On the Scotian Shelf, transitional shrimp are seldom found during the fall, i.e. all transitionals complete sex change during the summer and extrude eggs during the late summer.

A clear stock-recruitment relationship has not yet been described for the Scotian Shelf, although it has been for some other pandalid stocks, e.g. the Gulf of Maine, California-Oregon. On the Scotian Shelf, a large population increase began during the late 1980s when SSBs were about 4300mt, about 30% of those found in the late 1990s. It would, therefore, be prudent not to let the SSB decrease below 4300mt; however, the stock increase at these SSB levels occurred at specific favourable environmental conditions (cold water temperatures and decreasing natural mortality due to predation) and negligible fishing mortalities. Consequently, this SSB should be considered as the very lowest the stock should be allowed to decline. Coincidently, this is nearly identical to the default 0.33 percentile used as the red limit for all indicators, including SSB.

Abondance à l'âge 4 – Navire de relevé

L'abondance des crevettes d'âge 4 est calculée comme ci dessus, d'après des estimations des effectifs selon la longueur (surface balayée) et une analyse modale.

Sur le plateau néo-écossais, la plus grande partie des crevettes d'âge 4 sont des mâles à la fin de ce stade. Ce groupe se reproduira en tant que mâles durant l'année de relevé, qui changeront de sexe l'année suivante. Comme les femelles constituent la plus grande des prises, les mâles à la dernière année à cet état sont une mesure du recrutement à la pêche.

Biomasse du stock reproducteur (femelles) – Relevé NR

Nous avons utilisé la méthode de la surface balayée pour calculer la biomasse du stock reproducteur, ou le poids total des femelles dans la population, à partir du poids des femelles dans chaque trait (établi par identification des femelles dans l'échantillon et mesure de leur longueur), du poids total des prises et d'une relation longueur-poids. Cette estimation inclut les crevettes en voie de changer de sexe durant le relevé. Il est rare de trouver des crevettes à ce stade en automne sur le plateau néo-écossais car elles ont fini de changer de sexe en été et pondent leurs œufs à la fin de la saison.

Une relation stock-recrutement claire n'a pas encore été définie pour le plateau néo-écossais, bien qu'elle l'ait été pour d'autres stocks de pandalidés, p. ex. ceux du golfe du Maine et des eaux de la Californie et de l'Oregon. Sur le plateau néo-écossais, la population de crevettes a connu une forte augmentation à la fin des années 1980. La BSS se situait alors à environ 4 300 t, ce qui correspond à environ 30 % de la BSS à la fin des années 1990. Il serait donc prudent de ne pas laisser la BSS tomber sous 4 300 t. Toutefois, l'augmentation de la population à ce niveau de BSS s'est produite lorsque les conditions environnementales étaient favorables (température faible de l'eau et mortalité naturelle due à la prédation à la baisse) et la mortalité par pêche était négligeable. Cette BSS devrait par conséquent être considérée comme étant le niveau le plus faible auquel le stock devait se situer. Ce niveau est presque identique au 0,33^{e} centile utilisé par défaut comme la limite rouge pour tous les indices, y

SSB by itself is not a measure of reproductive capacity. Since fecundity is directly related to size, it should be considered in conjunction with the average size at sex transition, maximum size, and amount of fishing during the ovigerous period. In addition, multiparous females tend not to spawn every year. An index of egg production is under development.

Size at Sex Transition (L_t)

Shrimp in transition from the male to the female are identified by the pleopod development method and their average size is calculated as overall weighted average from all sets in the survey.

Koeller et al. (2003b) and Koeller (2006) show that size at transition is related to growth rate. It is hypothesised that an increase in growth rate, due to density dependant effects or temperature increases (Koeller et al. 2000a), results in decreases in the size at transition, maximum size, and fecundity, followed by a population decline.

Maximum Size (L_{max})

Average annual maximum size is calculated as the average of the sample maximum sizes.

The ratio of size at sex transition to maximum size was hypothesised to be constant (invariant) at about 0.8-0.9 for all stocks of *P. borealis* (Charnov and Skúladóttir 2000). This rule was shown to apply to the Scotian Shelf (Koeller et al. 2003b, Koeller 2006). Consequently, maximum size attained in the population is another growth indicator, i.e. change in maximum size is probably indicative of a change in growth rate. The relationship between L_t or L_{max} to changes in growth rate is complex due to the influence of other factors including concurrent changes in longevity and natural mortality (e.g. slower growing shrimp tend to live longer).

compris la BSR.

D'elle-même, la BSS n'est pas une mesure de la capacité de reproduction. Étant donné que la fertilité est directement liée à la taille, elle devrait être considérée en conjugaison avec la taille moyenne au changement de sexe, la taille maximum et l'effort de pêche durant la pêche ovigère. De plus, les femelles multipares ont tendance à ne pas pondre tous les ans. Un indice de ponte est en voie d'être établi.

Taille au changement de sexe (L_t)

Les crevettes en voir de changer de sexe, de mâle à femelle, sont identifiées par examen des pléopodes. Leur taille moyenne à ce moment-là s'entend de la moyenne globale pondérée des prises dans tous les traits de relevé.

Koeller *et al.* (2003b) et Koeller (2006) ont établi que la taille au changement de sexe est liée au taux de croissance. Il est supposé qu'un accroissement du taux de croissance dû à des effets de dépendance à la densité ou une augmentation de la température (Koeller *et al.*, 2000a) résulte en une diminution de la taille au changement de sexe, de la taille maximum et de la fécondité, suivie d'un déclin de la population.

Taille maximum (L_{max})

La taille maximum moyenne dans une année s'entend de la moyenne des tailles maximums dans l'échantillon.

Il est supposé que le rapport entre la taille au changement de sexe et la taille maximum est constant (invariable), se situant entre 0,8 et 0,9 chez tous les stocks de *P. borealis* (Charnov et Skúladóttir, 2000). Cette règle s'applique au stock du plateau néo-écossais (Koeller *et al.*, 2003b; Koeller, 2006). Par conséquent, la taille maximum atteinte dans ce stock est un autre indicateur de la croissance, c.-à-d. qu'un changement dans la taille maximum indique probablement un changement dans le taux de croissance. La relation entre L_t ou L_{max} et les changements dans le taux de croissance est complexe en raison de l'influence d'autres facteurs, y compris les changements concomitants dans la longévité et la mortalité naturelle (p. ex. les crevettes de croissance lente ont tendance à vivre plus longtemps).

Predation

A predation index is calculated as the mean catch/set of all major groundfish species (codes<1000) combined from the summer groundfish survey for strata which encompass the shrimp holes, i.e. strata 443-445 and 459.

This is considered an index of natural mortality. Groundfish abundance is negatively correlated with shrimp abundance on the Scotian Shelf and in most other shrimp fishing areas.

Prédation

L'indice de prédation s'entend des prises moyennes de poisson de fond par trait, toutes espèces principales confondues (codes < 1 000), dans les strates du relevé d'été sur le poisson de fond qui couvrent les fosses à crevettes, c.-à-d. les strates 443 à 445 et la strate 449.

L'indice de prédation est considéré comme un indice de la mortalité naturelle. Il existe une corrélation négative entre l'abondance du poisson de fond et l'abondance de la crevette sur le plateau néo-écossais et dans la plupart des autres ZPC.

FISHING EFFECTS

Commercial Counts

Fishers determine the number of shrimp per pound (the "count") in their catches soon after they are brought aboard in order to determine the price which they will obtain from buyers, and adjust fishing practices (especially location) accordingly. This information is of economic importance and is often conveyed to other fishers or buyers before landing, so care is usually taken in obtaining and recording it. The methodology used is basic (number of shrimp in a fixed volume, often a tobacco can, that weighs about 1 pound), but generally agrees with more rigorous methods used by buyers. The index used here is the simple arithmetic average of all counts reported in log books for the year.

This indicator is a measure of the ease or difficulty fishers are having in "making the count," i.e. getting the best price for their shrimp. An increase in the count could indicate that a) recruitment is good and there are so many small shrimp it is difficult to avoid them or b) the population of larger shrimp is declining, or a combination of a) and b). Moreover, an increase in this indicator can be considered good (increased recruitment) or bad (growth overfishing) depending on whether it is placed in the production or fishing effects characteristic. Consequently, this indicator must be considered with others including abundance indices of the different age categories. Note that counts also change considerably during the fishing season, usually starting relatively high, decreasing to a

EFFETS DE LA PÊCHE

Comptes commerciaux

Les pêcheurs établissent le nombre de crevettes à la livre (le compte) dans leurs prises peu après les avoir amenées à bord afin de déterminer le prix qu'ils obtiendront des acheteurs, et ils ajustent leurs pratiques de pêche (le lieu en particulier) en conséquence. Comme cette information a une importance économique et est souvent communiquée à d'autres pêcheurs ou aux acheteurs avant le débarquement des prises, elle est obtenue et notée avec soin. La méthode utilisée est simple (nombre de crevettes dans un volume fixe, souvent une boîte à tabac, qui pèse environ 1 lb), mais elle concorde généralement aux méthodes plus rigoureuses utilisées par les acheteurs. L'indice utilisé ici est la simple moyenne arithmétique de tous les comptes déclarés dans les journaux de bord pour l'année.

Cet indicateur est une mesure de la facilité ou de la difficulté des pêcheurs d'obtenir le meilleur prix pour leurs prises. Une hausse du compte peut indiquer que a) le recrutement est bon mais il y a tellement de petites crevettes qu'il est difficile de les éviter ou b) la quantité de grosses crevettes est à la baisse, ou une combinaison de ces deux facteurs. En outre, une augmentation de cet indicateur peut être considérée comme étant un bon signe (recrutement accru) ou un mauvais signe (surpêche de la croissance) selon qu'il est placé dans la caractéristique Production ou Effets de la pêche. Par conséquent, il doit être considéré de pair avec d'autres, y compris les indices d'abondance des différents groupes d'âge. Les comptes varient beaucoup durant la saison de pêche : ils sont relativement élevés au

minimum in July, and increasing thereafter, probably due to size specific changes in vertical and\or geographic distribution associated with changes in day length.

début de la saison, tombent à un creux en juillet puis augmentent par après. Cette variation est probablement due à des changements dans la distribution verticale et/ou géographique selon la taille associés à des changements dans la durée du jour.

Total Exploitation Index

An overall index of exploitation rate is calculated as the total catch weight divided by the RV biomass estimated using the swept area method.

The RV biomass estimate has been shown to be underestimated by as much as 25% because of lack of coverage in shallow areas surrounding the shrimp holes; consequently, the exploitation rate is probably overestimated. This indicator is, therefore, considered an index of exploitation. Since the survey uses a common commercial trawl with a Nordmore grid, its selectivity is similar to commercial gear. The biomass used to estimate exploitation can be considered an estimate of "fishable biomass."

Indice d'exploitation totale

L'indice global du taux d'exploitation est égal au poids total des prises divisé par la biomasse de relevé NR estimée selon la méthode de la surface balayée.

Il a été démontré que la biomasse estimative du relevé NR est sous-estimée par jusqu'à 25 % à cause de l'absence de couverture des eaux peu profondes en périphérie des fosses à crevettes. Le taux d'exploitation est donc probablement surestimé. Pour cette raison, cet indicateur est considéré comme un indice d'exploitation. Étant donné qu'un chalut commercial commun muni d'une grille Nordmore est utilisé pour le relevé, sa sélectivité se compare à l'engin de pêche commerciale. La biomasse utilisée pour estimer le taux d'exploitation peut être considérée comme une estimation de la biomasse pêchable.

Female Exploitation Index

This is calculated as the estimated weight of females in the catch divided by the weight of females in the population from the survey, i.e. the spawning stock biomass. An industry-funded port sampling program that began in 1995 allows determination of the catch composition by developmental stage and size from detailed analyses as per survey samples. Samples were collected during the fishery in all areas from all fleet components including vessels <65' length over all (LOA) landing mainly in Arichat and vessels >65' LOA landing mainly in Caraquet. The number of samples per month and area was approximately allocated in proportion to weight caught. Catch at length was determined from a weighted length frequency and a length-weight relationship.

Female exploitation is of interest because the shrimp fishery is selective for the larger females. It can be considered one measure of the impact of fishing on the reproductive potential of the stock.

Indice d'exploitation des femelles

Cet indice s'entend du poids estimatif des femelles dans les prises divisé par le poids des femelles dans la population d'après le relevé, soit la biomasse du stock reproducteur. Les données d'un programme d'échantillonnage à quai depuis 1995 financé par l'industrie sont utilisées pour établir la composition des prises selon le stade de développement et la taille à partir d'analyses détaillées comme dans le cas des échantillons de relevé. Des échantillons sont prélevés durant la saison de pêche dans toutes les zones auprès de tous les secteurs de la flottille, y compris les bateaux de LHT < 65 pi et > 65 pi qui débarquent généralement leurs prises à Arichat et à Caraquet, respectivement. Le nombre d'échantillons prélevés par mois et par zone est réparti approximativement en proportion au poids des prises, et la distribution des prises selon la longueur est établie d'après une fréquence des longueurs pondérée et une relation longueur-poids.

Le taux d'exploitation des femelles est d'intérêt parce que la pêche à la crevette est sélective du fait qu'elle vise les grosses femelles. Il peut être considéré comme une mesure de l'impact de la pêche sur le potentiel reproductif du stock.

Proportion of Females in Catch

The proportion of females in the catch by weight to the total catch weight is calculated from commercial samples which identify females, lengths, and individual weights as per survey samples.

A decrease in this indicator could indicate a decrease in the number of larger shrimp in the population due to fishing removals and an increased reliance on smaller animals, i.e. possible growth overfishing and/or recruitment overfishing. It should be interpreted cautiously and in combination with other indicators, since it could also indicate good recruitment conditions and difficulty in avoiding young shrimp.

Average Size of Females in Catch

This indicator is calculated as the overall annual average size of females from port samples collected throughout the fishery.

A decrease in this indicator could indicate a decrease in the number of larger shrimp in the population due to fishing removals and an increased reliance on smaller animals, i.e. possible growth overfishing and/or recruitment overfishing.

Fishing During Ovigerous Period

This is calculated as the percent of the total catch caught during August-March, the usual period when females are carrying eggs.

Since most eggs are laid by a single age class (i.e. Age 5), enough females must escape the fishery to prevent recruitment overfishing. The fishery has generally concentrated in the non-ovigerous period with most of the catch taken during May-July, however, as TACs increased, an increasing amount of the catch has been taken during the ovigerous period. This indicator should be included with spawning stock biomass and size at transition when considering the population's overall reproductive capacity, since their negative effects are probably cumulative. For example, the minimum SSB of 4300mt mentioned above would be considerably less in

Proportion de femelles dans les prises

La proportion de femelles dans les prises, en poids, par rapport au poids total des prises est calculée d'après des échantillons des prises de la pêche commerciale. Les femelles sont identifiées, et leur longueur et leur poids sont établis comme dans le cas des échantillons de relevé.

Une diminution de cet indicateur pourrait indiquer une baisse du nombre de grosses crevettes dans la population due aux ponctions de la pêche et une dépendance accrue sur les petites crevettes, soit une surpêche potentielle de la croissance et/ou de la reproduction. Cet indicateur devrait être interprété avec prudence et en combinaison avec d'autres indicateurs, vu qu'il pourrait aussi indiquer un bon recrutement et un problème pour ce qui est d'éviter les jeunes crevettes.

Taille moyenne des femelles dans les prises

Cet indice s'entend de la taille moyenne annuelle générale des femelles d'après les échantillons prélevés à quai tout au long de la saison de pêche.

Une diminution de cet indicateur pourrait indiquer une baisse du nombre de grosses crevettes dans la population due aux ponctions de la pêche et une dépendance accrue sur les petites crevettes, soit une surpêche potentielle de la croissance et/ou de la reproduction.

Pêche en période ovigère

Cet indicateur s'entend du pourcentage des prises totales capturé d'août à mars, soit la période habituelle lorsque les femelles portent des œufs.

Étant donné que la plus grande partie des œufs sont pondus par une seule classe d'âge (âge 5), un nombre suffisant de femelles doit échapper à la capture afin d'éviter la surpêche du potentiel de reproduction. La pêche est généralement pratiquée durant la période non ovigère, la plus grande partie des prises étant récoltées de mai à juillet. Mais à mesure que les TAC ont augmenté, une part de plus en plus grande des prises a été récoltée durant la période ovigère. En plus de la BSS et de la taille au changement de sexe, cet indicateur devrait aussi être pris en compte dans la détermination de la capacité de reproduction globale de la population étant donné que leurs

terms of effective reproductive capacity if most is taken before egg hatching.

effets négatifs sont probablement cumulatifs. Par exemple, la BSS minimum de 4 300 t fixée ci-dessus serait considérablement moindre sur le plan de la capacité effective de reproduction si la plus grande partie des prises ont lieu avant l'éclosion des œufs.

ECOSYSTEM

Population Age-Length Evenness

This indicator is based on the assumption that a population spread evenly across length or age classes is more resilient to environmental or fishing perturbations than one where the population is concentrated in fewer length or age classes. It is calculated from the survey population-at-length estimate as Shannon's equitability index, E_H, which is obtained from Shannon's diversity index, H. The latter is calculated from the proportion (p) of the population in each of the total number of length groups (S).

$$H = -\sum_{i=1}^{s} p_i \ln p_i$$

This indicator is placed under the ecosystem characteristic assuming that evenness is related to the population's robustness or resiliency to various perturbations within the ecosystem, but it could also have been placed under fishing effects, since fishing will remove the largest/oldest length/age classes, or production, since an even length/age distribution implies stable recruitment. On the other hand, this index will also respond to the passage of an exceptional year class through the population, which may not be a negative development if the abundance of other year classes remains relatively stable.

Research Vessel Bottom Temperatures

This index is calculated from July groundfish survey data as the mean bottom temperatures at depths >100m in sampling strata (443, 444, 445, and 459) on the eastern Scotian Shelf that encompass the shrimp grounds. Initially, bottom temperatures on these surveys were determined with expendable bathythermographs or reversing thermometers, but more recently (since 1995)

ÉCOSYSTÈME

Répartition équilibrée des classes d'âge et des tailles dans la population

Cet indicateur repose sur l'hypothèse qu'une population ayant une répartition équilibrée des classes d'âge ou des catégories de taille est plus résistante aux perturbations de la pêche ou de l'environnement qu'une population répartie sur peu de classes d'âge ou de catégories de taille. Calculé à partir de l'estimation de la population selon la longueur par relevé, il s'entend de l'indice d'équitabilité de Shannon (E_H), tiré de l'indice de diversité de Shannon (H). Ce dernier est égal à la proportion (p) de la population dans chacun du nombre total de groupes de longueur (s).

$$H = -\sum_{i=1}^{s} p_i \ln p_i$$

Cet indicateur est inclus dans la caractéristique Écosystème dans l'hypothèse que l'uniformité est liée à la robustesse ou résistance de la population à diverses perturbations au sein de l'écosystème, mais il pourrait avoir été inclus dans la caractéristique Effets de la pêche, étant donné que la pêche prélèvera les longueurs et les âges plus grands, ou la production, vu qu'une répartition uniforme des longueurs et des âges signifie que le recrutement est stable. D'un autre côté, cet indicateur réagira aussi au passage d'une classe d'âge exceptionnelle dans la population, ce qui peut ne pas avoir d'effets négatifs si l'abondance des autres classes d'âge demeure relativement stable.

Température au fond – Relevé NR

Cet indice repose sur les données du relevé sur le poisson de fond mené en juillet. Il s'entend de la température moyenne au fond aux profondeurs supérieures à 100 m dans les strates d'échantillonnage (443, 444, 445 et 459) de l'est du plateau néo-écossais qui englobent les lieux de pêche de la crevette. À l'origine, un bathythermographe largable ou un thermomètre

they were obtained from Seabird CTD profiles. Shrimp survey bottom temperatures are determined throughout each shrimp survey set with a continuous temperature recorder (Vemco Ltd.) attached to the headline of the trawl. Trends in these data generally agree with groundfish survey data; however, the latter is used in the analysis because of the longer time series.

à renversement était utilisé pour mesurer la température au fond lors de ces relevés, mais un profil vertical de STD de type Seabird est maintenant utilisé depuis 1995. Un thermomètre enregistreur en continu (Vemco Ltd.), fixé à la ralingue supérieure du chalut, est utilisé pour mesurer la température au fond lors de chaque trait de relevé sur la crevette. Les tendances dans ces données correspondent généralement aux données de relevé sur le poisson de fond, mais ces dernières sont utilisées dans l'analyse en raison de la plus longue série chronologique.

It is hypothesised that warmer water temperatures have a negative influence on shrimp populations because of the decreased fecundity associated with increased growth rates, decreased size at transition, and decreased maximum size as described above. Recent work also indicates that colder bottom temperatures increase egg incubation times resulting in later hatching times, which are closer to favourable spring growing conditions (warmer surface water and the spring phytoplankton bloom) (Koeller et al. 2009).

L'hypothèse veut que la température de l'eau plus élevée a un effet négatif sur les stocks de crevettes : baisse de fécondité associée à un taux de croissance plus élevé et diminution de la taille au changement de sexe ainsi que de la taille maximum. De récents travaux indiquent également qu'une températures de l'eau plus basse au fond mène à une période d'incubation des œufs plus longue, ce qui fait qu'ils éclosent presque au même moment que se produisent les conditions de croissance favorables au printemps (réchauffement des couches de surface et efflorescence phytoplanctonique) (Koeller *et al.*, 2009).

Spring Sea Surface Temperatures

Sea surface temperatures (SSTs) are calculated from satellite data as average temperatures within defined rectangles encompassing the shrimp holes. Negative correlations between SSTs and lagged population estimates are common for the southern *P. borealis* stocks, including the Scotian Shelf. This may be related to water-column stability and the match-mismatch of resulting phytoplankton bloom conditions with hatching times as hypothesised by Ouellet et al. (2007). Accordingly, SSTs used were averages for a period encompassing average hatching times on the Scotian Shelf (mid February to mid March).

Température de la surface de la mer au printemps

La température de la surface de la mer (TSM), calculée d'après des données satellitaires, est la température moyenne dans des triangles définis englobant les fosses à crevettes. Il est courant d'observer une corrélation négative entre les estimations décalées des effectifs des stocks de *P. borealis* du sud, y compris le plateau néo-écossais, et la TSM. Cela peut être lié à la stabilité de la colonne d'eau et à l'arrivée ou non de l'efflorescence phytoplanctonique résultante au même moment que l'éclosion des œufs, d'après l'hypothèse de Ouellet *et al.* (2007). Par conséquent, la TSM utilisée est la moyenne de la période englobant l'époque d'éclosion moyenne des œufs sur le plateau néo-écossais (mi-février à mi-mars).

Research Vessel Capelin Abundance

This is calculated as the average catch/tow in numbers from the July groundfish survey in strata 443-445 and 459.

Abondance du capelan – Relevé NR

Cet indicateur est égal aux prises moyennes (en nombre) par trait de relevé sur le poisson de fond mené en juillet dans les strates 443 à 445 et la strate 459.

Capelin are among the most common bycatch species, both in the Scotian Shelf shrimp fishery

Le capelan compte parmi les espèces les plus communes dans les prises accessoires, tant du

and the June shrimp survey. Here they have been shown to increase in abundance during cold periods, which are also favourable to shrimp, and so can be considered a sympatric species (e.g. Frank et al. 1994). Their presence can therefore be considered an indicator of conditions favourable to the production of shrimp.

relevé sur la crevette de juin que de la pêche à la crevette sur le plateau néo-écossais. Comme son abondance y augmente durant les périodes froides, qui sont favorables aussi à la crevette, il peut être considéré comme étant une espèce sympatrique (p. ex. Frank *et al.*, 1994). Sa présence sur le plateau peut donc être considérée comme un indicateur de conditions favorables à la production de crevettes.

Research Vessel Cod Recruitment

This is calculated as the average number of <30cm fish/tow from the July groundfish survey in strata 443-445 and 459.

Cod abundance is generally negatively correlated with shrimp abundance for most north Atlantic stocks, including the Scotian Shelf. This is probably partly due to large scale environmental influences, such as temperature, which appear to have opposite effects on cod and shrimp population dynamics, as well as a trophic effect of cod predation on shrimp. Restricting this indicator to juvenile cod may therefore decrease the influence of predation and have some predictive value for shrimp abundance.

Recrutement de morue – Relevé NR

Cet indicateur est égal au nombre moyen de morues de moins de 30 cm par trait de relevé sur le poisson de fond mené en juillet dans les strates 443 à 445 et la strate 459.

En général, l'abondance de la morue est en corrélation négative avec l'abondance de la crevette de la plupart des stocks de l'Atlantique Nord, y compris le plateau néo-écossais. Cela est probablement dû en partie à des effets environnementaux à grande échelle, comme la température, qui semblent avoir des effets opposés sur la dynamique des populations de morue et de crevette, ainsi qu'un effet trophique de prédation de la morue sur la crevette. L'application de cet indicateur aux jeunes morues seulement peut donc réduire l'influence de la prédation et avoir une valeur prédictive pour l'abondance de la crevette.

Research Vessel Greenland Halibut Recruitment

This is calculated as the average number of <30cm fish/tow from the July groundfish survey in strata 443-445 and 459.

Greenland halibut is a cold water species whose abundance is often positively correlated to shrimp abundance. However, it should be noted that Greenland halibut are also known predators of shrimp, and so an increase in this indicator is both positive and negative. Restricting this indicator to juvenile halibut may decrease the influence of predation and have some predictive value for shrimp abundance.

Recrutement de flétan noir – Relevé NR

Cet indice est égal au nombre moyen de flétans noirs de moins de 30 cm par trait de relevé sur le poisson de fond effectué en juillet dans les strates 443 à 445 et la strate 459.

Le flétan noir est une espèce d'eau froide dont l'abondance est souvent en corrélation positive avec l'abondance de la crevette. Il faut toutefois noter qu'il est aussi un prédateur reconnu de la crevette. Une augmentation de cet indicateur est donc un signe positif et négatif. L'application de cet indicateur aux jeunes flétans seulement peut réduire l'influence de la prédation et avoir une valeur prédictive pour l'abondance de la crevette.

Research Vessel Snow Crab Recruitment

This is the stratified random abundance index for pre-recruits calculated for the snow crab assessment from annual crab surveys in southeastern Nova Scotia. Like Greenland

Recrutement de crabe des neiges – Relevé NR

Cet indice d'abondance aléatoire stratifié des prérecrues du crabe des neiges est calculé dans le cadre de l'évaluation faite d'après les relevés annuels sur le crabe dans le sud-est de la N.-É.

halibut and capelin, snow crab is a cold water species that is often positively correlated with shrimp abundance.

Comme le flétan noir et le capelan, le crabe des neiges est une espèce d'eau froide dont l'abondance présente souvent une corrélation positive avec l'abondance de la crevette.

TRAFFIC LIGHT SUMMARY

Individual traffic light indicators were summarized using simple averaging. Each indicator is given a value according to its color, i.e. green = 3, yellow = 2, and red = 1, and an average is calculated. This average is assigned a "summary colour" according to limits determined by the probability distribution of possible outcomes, i.e. the limits between red, yellow, and green are set so that each of the 3 summary colours has an equal probability of being assigned in a random set of individual indicator colours/values. The DFO Maritimes Regional Science Advisory Process (SAP) review committee has emphasised that the summary is difficult to interpret and should not be the primary consideration in the advice, because issues such as weighting of indicators and harvest rules associated with any particular summary have not been resolved.

RÉSUMÉ DES FEUX DE CIRCULATION

La cote résumant chacun des indicateurs a été établie par une simple moyenne. Une valeur est donnée à chaque indicateur d'après sa couleur (vert = 3, jaune = 2, rouge = 1) et la moyenne est calculée. Une « couleur globale » est attribuée à cette moyenne selon les limites de la distribution théorique des résultats possibles (les limites entre rouge, jaune et verte sont fixées de sorte à ce que chacune des trois couleurs globales ait une probabilité égale d'être assignée dans une suite aléatoire de couleurs/valeurs d'un indicateur. Le comité d'examen du Processus de consultation scientifique de la région des Maritimes du MPO a souligné que le résumé est difficile à interpréter et ne devrait pas servir de base dans la formulation d'avis parce que divers problèmes, comme la pondération des indicateurs et les règles de pêche associées à un résumé donné n'ont pas été résolus.

BYCATCH

Three commercial fishing trips were covered by observers during 2009, totaling 35 sets sampled over 9 sea days. Bycatch data were not available at the time of publication. Consequently, could not be provided for this assessment.

PRISES ACCCESSOIRES

Des observateurs étaient présents lors de trois sorties de pêche en 2009, pour un total de 35 traits échantillonnés sur 9 jours de mer, mais les données sur les prises accessoires n'étaient pas disponibles pour analyse avant la présente évaluation.

RESULTS AND DISCUSSION

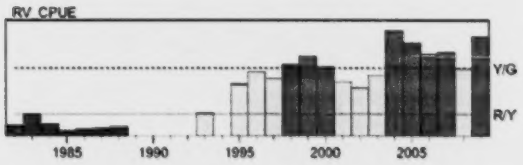
Input data for the traffic light analysis are given in Table 3. These data are graphed in the uncaptioned figures immediately following the indicator headings in the section below.

RÉSULTATS ET DISCUSSION

Les données d'entrée pour l'analyse des feux de circulation sont présentées au tableau 1. Elles sont représentées dans un graphique sans légende immédiatement après la rubrique de l'indicateur dans la section ci-dessous.

ABUNDANCE

Research Vessel Abundance Index

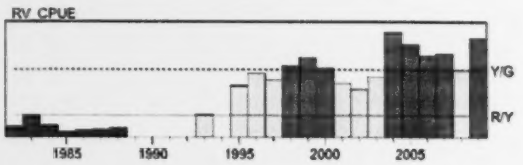


The stratified survey estimate for 2009 (representing a biomass of 45,424mt using the swept area method) increased by nearly 50% to the second-highest estimate on record, after decreasing in 3 of the last 4 years (Figure 2; tables 4, 6). Stratum 14 showed the largest increase and continued to contain the highest biomass, however, all other strata also showed an increase from the previous year. This represented a continuing increase for stratum 17 (inshore) since 2006; a strong increase for Stratum 15 after no trend since 2004; and only the second increase in Stratum 13 which appears to have an overall decreasing trend since 2004. The distribution of survey catches during the last two years is shown in Figure 8.

Several factors could have contributed to the large increase in the survey index between 2008 and 2009, including improvements made to the survey trawl after its apparent deterioration in recent years, and growth and recruitment to the gear of the exceptional 2001 year class. We attempted to determine how much of the increase could be attributed to the latter by growing the 2008 population-at-length estimate by an increment of 2mm, the approximate shift in the 2008 population-at-length in one year and a reasonable growth rate for older shrimp (Figure 3 A,B). We then applied a selectivity function to determine the possible increase in the population estimate simply due to growth and the increased catchability of larger shrimp, assuming that recruitment to the population of the smaller sizes and mortality at the larger sizes did not change between years (Figure 3C). The projected population-at-length for 2009 was then converted to weight using a length-weight relationship and compared to the 2009 biomass estimate (Figure 3D). Almost 98% of the increase in biomass from 2008 to 2009 could be accounted for by growth and selectivity alone, suggesting that deterioration and refurbishing of the trawl had

ABONDANCE

Indice d'abondance – Relevé NR



Après avoir diminué pendant trois des quatre dernières années, l'estimation issue du relevé stratifié de 2009 (biomasse de 45 424 t selon la méthode de la surface balayée) a augmenté par presque 50 %, ce qui la situe au deuxième rang des niveaux les plus élevés jamais enregistrés (figure 2; tableaux 4 et 6). La strate 14 a connu la plus forte augmentation et continue d'abriter la plus forte biomasse. Mais la biomasse a aussi augmenté dans toutes les autres strates par rapport à l'année précédente : elle continue à augmenter depuis 2006 dans la strate 17 (eaux côtières); elle a fortement augmenté dans la strate 15 après n'avoir marqué aucune tendance depuis 2004; et elle a augmenté pour la deuxième fois dans la strate 13, qui semble avoir une tendance générale à la baisse depuis 2004. La figure 8 illustre la distribution des prises de relevé pour les deux dernières années.

Plusieurs facteurs peuvent avoir contribué à l'accroissement marqué dans l'indice de relevé, notamment les améliorations apportées au chalut de relevé après sa détérioration évidente dans les dernières années, ainsi que la croissance et le recrutement à l'engin de la classe d'âge 2001 de taille exceptionnelle. Nous avons tenté d'établir dans quelle mesure cet accroissement pouvait être attribué à ce dernier facteur en augmentant l'estimation de la population selon la longueur en 2008 par 2 cm, soit le changement approximatif dans une année dans la population selon la longueur de 2008 et un taux de croissance raisonnable pour les crevettes âgées (figure 3A et 3B). Puis nous avons appliqué un facteur de sélectivité pour déterminer la hausse possible de l'estimation de la population due simplement à la croissance et à la capturabilité accrue des grosses crevettes, en supposant que le recrutement des petites tailles à la population et la mortalité à des grandes tailles n'ont pas changé d'une année à l'autre (figure 3C). Nous avons ensuite converti la population projetée selon la longueur pour 2009 en population selon le poids au moyen d'une relation longueur-poids et nous l'avons comparée à l'estimation de la

little to do with the observed biomass increase. However, it should be noted that mortality increases significantly with age of females after their first year. Considering the advanced age of the 2001 year class (now 2 years older than expected), natural mortality at the larger sizes was probably considerable, substantially increasing the portion of the 2008-2009 biomass increase unaccounted for in the model, and presumably due to increase in the survey trawl's efficiency. In light of this, the absence of more sophisticated modelling and the inherent variability of the survey data we can conclude that the 2009 increase was partly due to growth and further recruitment to the gear of the 2001 year class, and partly due to an increase in survey gear efficiency.

The decrease in biomass during recent years exhibited by the survey index is in contrast to the standardised commercial CPUE index (Figure 5A), which shows stability at a high level since 2003. However, commercial CPUEs increased significantly from 2008 to 2009, a result substantiated by anecdotal information from fishermen, who made shorter fishing trips than usual to fill their boats during the 2009 season due to the high catch rates. This indicates that the large increase in the survey from 2008 to 2009 was at least partially due to an increase in the availability of shrimp unrelated to the survey trawl refurbishing, either due to growth and selectivity factors as discussed above, or to another unrelated catchability factor (e.g. distributional changes). However, according to log books the increase in the commercial catch rate from 2008-2009 was only 10%, leaving as much as 40% of the survey increase unaccounted for, and possibly due to the increase in survey trawl efficiency. To further investigate this discrepancy a third indicator of shrimp abundance was calculated using shrimp catch information collected during the fall crab surveys. These are not directly comparable to survey results due to shrimp migration into shallower water between the shrimp (June) and crab (Sept-Nov) surveys periods, but should give similar trends. The crab survey data most comparable to the shrimp survey (i.e. sets >200m depth) produced a different trend than sets conducted in shallower (<200m) water where most of the crab survey sets are located (Figure

biomasse en 2009 (figure 3D). La croissance et la sélectivité expliquaient à elles seules presque 98 % de l'augmentation de la biomasse de 2008 à 2009, ce qui suggère que la détérioration et la remise en état du chalut y comptaient pour peu. À noter toutefois que la mortalité des femelles augmente fortement après la première année. Compte tenu de l'âge avancé de la classe d'âge 2001 (maintenant deux ans plus vieille que prévu), la mortalité naturelle des grandes tailles était probablement élevée (ce qui a mené à une augmentation considérable de la portion de la hausse de la biomasse de 2008 à 2009 non comptabilisée dans le modèle) et probablement due à une plus grande efficacité du chalut de relevé. En tenant compte de cela, de l'absence d'un modèle plus sophistiqué et de la variabilité inhérente des données de relevé, nous pouvons conclure que l'augmentation en 2009 est due en partie à la croissance et au recrutement continu à l'engin de la classe d'âge 2001 et en partie à la plus grande efficacité de l'engin de relevé.

La diminution récente de la biomasse exposée par l'indice de relevé fait contraste avec l'indice des PUE commerciales normalisées (figure 5A), qui montre qu'elle se situe à un niveau élevé et stable depuis 2003. Les PUE commerciales ont toutefois augmenté considérablement de 2008 à 2009, un fait corroboré par de l'information anecdotique fournie par des pêcheurs qui ont pu remplir leur bateau durant la saison de 2009 en faisant des sorties de plus courte durée qu'à l'habitude grâce aux taux de capture élevés. Ceci indique que la forte augmentation de la biomasse de relevé de 2008 à 2009 était en partie due à une plus grande disponibilité de crevettes sans rapport avec la remise en état du chalut de relevé, disponibilité due soit aux facteurs de croissance et de sélectivité discutés ci-dessus ou à un autre facteur de capturabilité non connexe (p. ex. changement dans la distribution). Toutefois, selon les journaux de bord, l'accroissement du taux de capture commerciale de 2008 à 2009 se chiffrait à 10 % seulement, ce qui laisse non imputé jusqu'à 40 % de l'augmentation de la biomasse de relevé, qui est peut-être due à une plus grande efficacité du chalut de relevé. Nous avons calculé un troisième indicateur de l'abondance de la crevette d'après des données sur les prises de crevette recueillies lors des relevés d'automne sur le crabe pour tenter d'expliquer cette divergence. Ces données ne peuvent pas être comparées directement aux résultats de relevé en raison de la migration de la crevette vers des eaux moins profondes entre le relevé sur la

4). Deep crab survey sets show no particular trend between 2005 and 2008, much as the commercial CPUE which operates mainly at these depths, while the shallow sets show an increasing trend in all areas. None of the crab data treatments suggest a decrease in the index as was observed in the shrimp survey, further substantiating the view that the increase in the 2009 survey index (and the decreases in prior years, especially since 2006) was at least partly due to deterioration of the survey trawl and its increased efficiency after refurbishing prior to the 2009 survey. However, abundance indices from shrimp catches recorded in groundfish surveys in the strata surrounding the shrimp grounds (Figure 4E) nearly parallel the abundance trend shown by the shrimp survey, including a decrease from 2005 to 2008, and the sharp increase in 2009, suggesting that the survey signal is correct, at least for that time of year (the groundfish survey is conducted in July, shrimp in June). Differences between surveys may partly be due to migratory behavior and spatial/depth distribution between survey times. For example note the different trends between depth zones but similar magnitudes in catches at all depths in the crab surveys, but the consistently larger catches in the deep zone for the summer groundfish surveys.

crevette (juin) et le relevé sur le crabe (sept.-nov.), mais elles devraient montrer des tendances semblables. Les données de relevé sur le crabe les plus comparables aux données de relevé sur la crevette (traits à > 200 m) ont produit une tendance différente des traits effectués en eaux moins profondes (< 200 m), où la plupart des traits de relevé sur le crabe sont effectués (figure 4). Les traits de relevé sur le crabe en eaux profondes ne montrent aucune tendance particulière entre 2005 et 2008, tout comme les PUE de la pêche commerciale qui est pratiquée principalement à ces profondeurs, alors que les traits en eaux moins profondes montrent une tendance croissante dans toutes les zones. Aucune des analyses des données sur le crabe ne donne à penser à une diminution de l'indice comme il l'a été observé dans le relevé sur la crevette, ce qui corrobore à nouveau la vue à l'effet que l'augmentation de l'indice de relevé en 2009 (et sa diminution dans les années précédentes, en particulier depuis 2006) était due au moins en partie à la détérioration du chalut de relevé et son efficacité accrue après sa remise en état avant le relevé de 2009. Par contre, les indices d'abondance de la crevette d'après les prises prélevées dans le cadre des relevés sur le poisson de fond menés dans les strates bordant les lieux de pêche de la crevette (figure 4E) correspondent presque à la trajectoire de l'abondance issue du relevé sur la crevette, y compris une diminution de 2005 à 2008 et l'augmentation en flèche en 2009, ce qui donne à penser que le signal de relevé est correct, au moins pour ce moment de l'année (le relevé sur le poisson de fond est effectué en juillet et sur la crevette, en juin). Les différences entre les relevés peuvent être dues en partie au comportement migratoire et à la distribution spatiale selon la profondeur entre les périodes de relevé. À noter par exemple les tendances différentes entre les zones de profondeur alors que le volume des prises est semblable à toutes les profondeurs lors des relevés sur le crabe et que les prises soient régulièrement plus élevées dans la zone profonde lors des relevés d'été sur le poisson de fond.

Interpretation: In last year's assessment, the decrease in the survey index since 2006 was incorrectly attributed to the gradual demise of the 2001 year class. A continuation of this decrease was expected for 2009 but did not materialize. The unexpected large increase in the survey population index was partially due to further growth and recruitment to the gear of the 2001 year class which, at 8 years old, is about 2 years

Interprétation : Dans l'évaluation de l'an dernier, nous avons faussement attribué la diminution de l'indice de relevé depuis 2006 à l'épuisement graduel de la classe d'âge 2001. Nous nous attendions à ce que l'indice continue à diminuer en 2009, mais cela ne s'est pas produit. La forte augmentation inattendue de l'indice était en partie due au recrutement à l'engin de relevé des individus de 8 ans de la classe d'âge 2001, qui

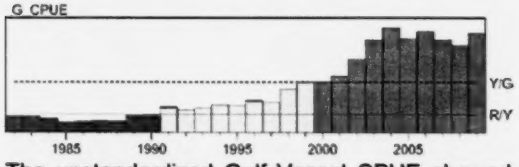
older than the expected longevity of shrimp in this stock, presumably due to its slower growth and later sex change. This is supported by a concurrent increase in the commercial CPUE. However, the increase in the CPUE (10%) was not as large as the increase in the survey index (50%), the difference presumably being due to the increased efficiency of the refurbished survey trawl. On the other hand, groundfish survey trends parallel those from the shrimp survey, suggesting that the observed changes are real, but do not necessarily reflect abundance trends. In any case, all indicators suggest high abundance in recent years, but with varying degrees of variability associated with gear and availability factors.

est d'environ deux ans plus âgée que la longévité attendue des crevettes de ce stock, probablement en raison de sa croissance lente et de son changement de sexe tardif. Ce fait est étayé par l'augmentation concurrente des PUE de la pêche commerciale. Toutefois, cette augmentation (10 %) n'était pas aussi marquée que l'augmentation de l'indice de relevé (50 %); la différence est probablement due à l'efficacité accrue du chalut de relevé remis à neuf. Par contre, la trajectoire de l'indice de relevé sur le poisson de fond est analogue à celle de l'indice de relevé sur la crevette, ce qui donne à penser que les changements observés sont réels, mais ils ne reflètent pas forcément la trajectoire de l'abondance. En tout cas, tous les indicateurs semblent indiquer que l'abondance était élevée dans les dernières années, mais à des niveaux variables associés à la disponibilité et à l'engin.

In future, rigorous standards for maintenance of the survey trawl should be developed to ensure validity of results. In addition survey and commercial CPUE trends should be analyzed in light of the uncertainties discussed above. This will require sufficient funds in the budget for annual trawl overhauls by qualified shrimp gear experts, as well as analytical resources.

Des normes rigoureuses d'entretien du chalut de relevé devraient être établies afin d'assurer la validité des résultats. De plus, à la lumière des incertitudes discutées ci-dessus, la trajectoire des PUE de la pêche commerciale et du relevé devrait être analysée. Cela nécessitera des fonds suffisants pour la révision annuelle du chalut par des experts des engins de pêche de la crevette, ainsi que des ressources pour mener les analyses.

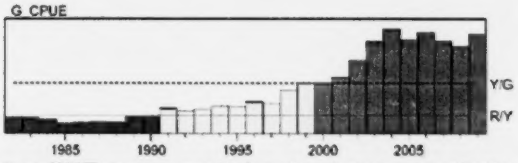
Gulf Vessels Catch Per Unit Effort



The unstandardized Gulf Vessel CPUE showed an increasing trend during the late 1980s to 2004, and has since stabilized at a high level. This is in agreement with the standardized CPUE and, in recent years, with the crab survey. The strong decreasing trends shown by the trawl survey between 1999-2002 and 2004-2008 are not evident in this index.

Interpretation: Catch rates by Gulf vessels continue to be excellent and there is no indication of a biomass downturn.

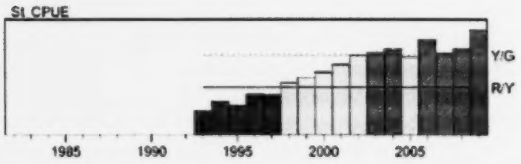
Prises par unité d'effort des bateaux du Golfe



Les PUE non normalisées des bateaux du Golfe ont grimpé de la fin des années 1980 à 2004 puis se sont stabilisées, à un niveau élevé. Cette trajectoire correspond aux PUE normalisées et, dans les dernières années, au relevé sur le crabe des neiges. Les fortes tendances à la baisse révélées par le relevé au chalut entre 1999-2002 et 2004-2008 ne sont pas évidentes dans cet indice.

Interprétation : Les taux de capture obtenus par les bateaux du Golfe continuent d'être excellents. Rien n'indique un déclin de la biomasse.

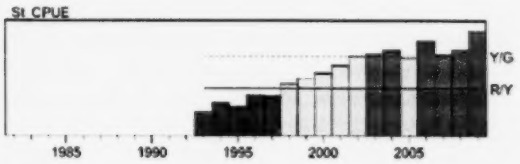
Commercial Trawler Standardized Catch Per Unit Effort



The standardised CPUE series follows a similar pattern to the Gulf series, showing an increasing trend throughout the series until 2004, and fluctuations at a high level since. There have been two divergences between commercial CPUES and the shrimp survey (Figure 5A), i.e. 2000-2003, and 2005-2008. The first divergence was attributed to distributional changes associated with the demise of the large 1995 year class. The second divergence appears to be, at least in part, due to problems with the survey trawl as discussed above. In light of these results the large increase in the survey index in 2004 may also be partly due to use of a new survey trawl that year.

Interpretation: Catch rates continue to be excellent for all fleet sectors. Commercial CPUEs may be more representative of resource abundance than previously thought. The weight given to commercial versus survey indicators in formulating advice should be re-evaluated.

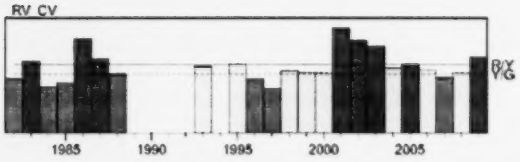
Prises par unité d'effort normalisées des chalutiers de pêche commerciale



Les PUE normalisées suivent une trajectoire semblable à celle des PUE pour le Golfe : elles augmentent du début de la série jusqu'en 2204 et fluctuent depuis à un niveau élevé. Les PUE de la pêche commerciale et le relevé sur la crevette ont divergé à deux reprises (figure 5A), soit en 2000-2003 et 2005-2008. La première fois a été attribuée à un changement dans la distribution associé à l'épuisement de la forte classe d'âge 1995. La seconde fois semble due, au moins en partie, aux problèmes posés par le chalut de relevé discutés ci-dessus. À la lumière de ces résultats, l'accroissement marqué de l'indice de relevé en 2004 peut aussi être dû en partie à l'utilisation d'un nouveau chalut de relevé cette année-là.

Interprétation : Les taux de capture de tous les secteurs de la flottille continuent d'être excellents. Contrairement à ce que l'on croyait, les PUE de la pêche commerciale peuvent être plus représentatives de l'abondance de la ressource. Le poids donné dans la formulation d'avis aux indicateurs de la pêche commerciale par rapport aux indicateurs de relevé devrait être réévalué.

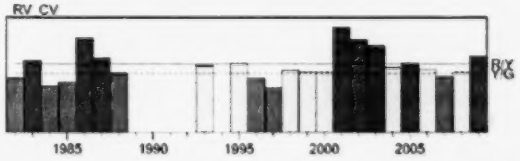
Research Vessel Coefficient of Variation



The survey measure of dispersion (overall CV) has been fluctuating without trend at a low level since 2004 (figure 6). An increase in 2009 occurred in all areas.

Interpretation: The relative stability of this indicator at a low value during the last few years appears to be associated with the currently high and evenly distributed abundance, mainly of the 2001 year class. The increase in 2009 may be associated with the large increase in the biomass

Coefficient de variation – Relevé NR



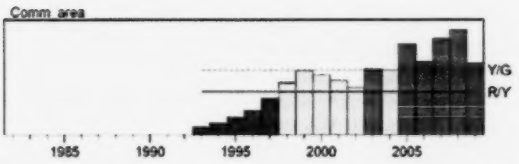
La mesure de la dispersion (CV global) se situe à un faible niveau depuis 2004 et fluctue mais sans montrer de tendance (figure 6). Cet indicateur a augmenté dans toutes les zones en 2009.

Interprétation : La stabilité relative de cet indicateur à un niveau faible durant les quelques dernières années semble associée à l'abondance actuellement élevée et uniformément distribuée, principalement de la classe d'âge 2001. L'augmentation en 2009 peut

estimate, due to catchability/selectivity changes, and not a change in distribution.

être due à la forte augmentation de l'estimation de la biomasse, due à des changements dans la capacité de capture et la sélectivité du chalut et non à un changement dans la distribution.

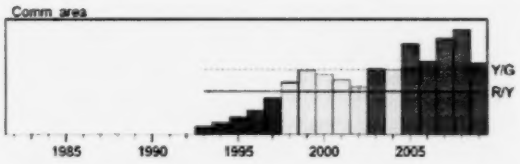
COMMERCIAL FISHING AREA



This indicator (area with commercial catch rates >250kg/hour) must be considered with the areas of other catch rates in order to interpret changing distribution and dispersion patterns of the resource. The >250kg/hour area increased since the beginning of the series until 1999, when it began to decrease, presumably because shrimp from several strong year classes formed dense concentrations in a smaller area during the biomass decrease. Consistent with this interpretation, the area with catch rates >150kg began to decrease in 1997, while the interval with the highest catch rates (>450) continued to increase (Figure 7, upper). Also, areas of intermediate catch rates (151-250, 251-350, and 351-450 units) peaked in sequence (Figure 7, lower) as the resource increased in density. After 2001 the area of highest concentration (>450) continued to increase, while all other areas remained relatively small.

The two divergences in survey and commercial CPUE indices i.e. 2000-2003, and 2005-2008 in Figure 5A are associated with different spatial patterns (Figure 7). The first divergence is consistent with the distributional changes described above and the ability of the commercial fleet to maintain high catch rates despite decreasing abundances. The more recent divergence between these indices is not associated with a similar distributional change. Instead, the area with the highest catches has remained high or has continued to increase. This is consistent with continued high or increasing abundances as shown by commercial CPUEs and the snow crab survey, and the view that much of the recent decrease in the survey index is associated with changes in the catchability of

ZONE DE PÊCHE COMMERCIALE



Cet indicateur (zone connaissant des taux de capture de plus de 250 kg/h) doit être considéré de pair avec celui pour les autres zones afin d'être en mesure d'interpréter les changements dans les patrons de dispersion et de distribution de la ressource. La zone à taux de capture de plus de 250 kg/h a continué de s'agrandir du début de la série jusqu'en 1999, puis a diminué, probablement parce que les crevettes de plusieurs fortes classes d'âge formaient des bancs denses dans une zone plus petite lorsque la biomasse diminuait. En accord avec cette interprétation, la zone à taux supérieur à 150 kg/h a commencé à rétrécir en 1997, alors que la zone à taux supérieur à 450 kg/h a continué de s'agrandir (figure 7, en haut). En outre, les zones à taux intermédiaires (151-250, 251-350 et 351-450 unités de surface) ont atteint des pics en séquence (figure 7, en bas) à mesure que la densité de la ressource a augmenté. Après 2001, la zone à taux le plus élevé (> 450 kg/h) a continué à s'agrandir, alors que toutes les autres zones sont demeurées relativement petites.

La divergence à deux reprises des indices des PUE du relevé et de la pêche commerciale (2000-2003 et 2005-2008, figure 5A) est associée à des tendances spatiales différentes (figure 7). La première fois qu'elle s'est produite confirme les changements dans la distribution décrits ci-dessus et la capacité de flottille de pêche commerciale de maintenir des taux de capture élevés malgré l'abondance à la baisse. La divergence la plus récente n'est pas associée à un changement semblable dans la distribution. La zone des plus fortes prises est demeurée grande ou a continué à s'agrandir, ce qui confirme une abondance encore élevée ou à la hausse comme l'indiquent les PUE de la pêche commerciale et le relevé sur le crabe des neiges et la vue à l'effet que la récente baisse de l'indice

the shrimp survey trawl. Note that the 2009 value is preliminary and is likely to increase as a substantial portion of the TAC was uncaught at the time of analysis.

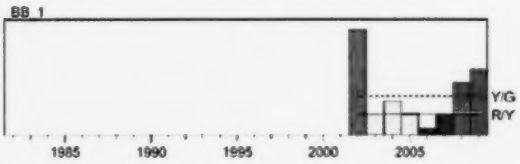
Interpretation: The changing spatial patterns observed with the decline of the previous group of large year classes (1993-1995) has not been observed to date with the 2001 year class. The more recent divergence of survey and commercial CPUE indicators does not appear to be due to the same cause, since the 2001 year class is still abundant – rather it is due more to catchability changes with the survey trawl.

de relevé est associée à des changements dans la capacité de capture du chalut de relevé sur la crevette. La valeur pour 2009 est préliminaire; elle augmentera probablement car une portion importante du TAC n'avait pas encore été capturée au moment de la présente analyse

Interprétation : Le régime spatial changeant qui a accompagné le déclin du groupe précédent de fortes classes d'âge (1993-1995) n'a pas été observé jusqu'à maintenant chez la classe d'âge 2001. La divergence la plus récente des indices des PUE du relevé et de la pêche commerciale ne semble pas être due à la même cause étant donné que la classe d'âge 2001 est encore abondante, mais plutôt à des changements dans la capacité de capture du chalut de relevé.

PRODUCTION

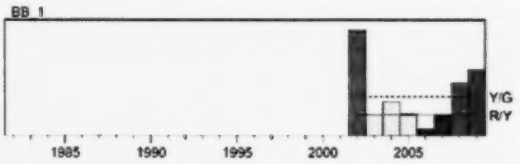
Research Vessel Belly-bag Abundance at Age 1



The belly-bag index shows considerable dynamic range despite only 8 years of data. It correctly predicted the strength of the 2001 year class at Age 1 in 2002, 2 years before it began to show up in commercial catches, and as many as 5 years before it was fully recruited to the fishery (Figure 11, 12, 13). The apparent strength of the 2007 and 2008 year classes as 1 year olds in the 2008 survey supports the hypothesis that a pulsed recruitment pattern has been established, similar to the snow crab stock in the same area but with a cycle of 6-7 years, about equal to the species life cycle. If these year classes hold up as strong, this would make 3 such pulses since the modern fishery began, i.e. associated with the 1994-1995, 2001, and 2007-2008 year classes. The appearance of recruitment cycles of different lengths in 2 different invertebrate fisheries/species, suggests that the fishery may be partially involved in their creation. However, it also indicates a stock recruitment relationship i.e. strong year classes result in large spawning stocks, resulting in strong year-classes

PRODUCTION

Abondance à l'âge 1 – Relevé NR avec sac ventral

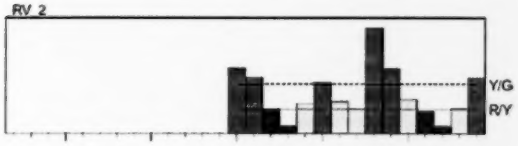


L'indice de relevé avec sac ventral montre une plage dynamique considérable en dépit de ne couvrir que 8 ans. Il a prédit avec exactitude l'effectif de la classe d'âge 2001, d'âge 1, en 2002, deux ans avant qu'elle commence à se manifester dans les prises de la pêche commerciale et jusqu'à cinq ans avant qu'elle soit pleinement recrutée à la pêche (figure 11, 12, 13). L'effectif apparent des classes d'âge 2007 et 2008, d'âge 1, dans le relevé de 2008 corrobore l'établissement d'un patron de poussées de recrutement, comme dans le cas du stock de crabe des neiges de la même région, mais de cycle de 6 à 7 ans, une durée environ égale au cycle de vie de l'espèce. Si ces classes d'âge se maintiennent à ce niveau d'abondance, ce serait la troisième poussée depuis le début de la pêche moderne (1994-1995, 2001 et 2007-2008). L'apparition de cycles de recrutement de durée différente chez deux espèces d'invertébrés donne à penser que la pêche peut avoir joué un rôle partiel dans leur création, mais elle révèle aussi une relation stock-recrutement, c.-à-d. que de fortes classes d'âge résultent en des stocks reproducteurs abondants qui donnent de fortes classes d'âge.

Interpretation: The stronger 2007-2008 year classes are good indications for the longer term i.e. when they begin to recruit to the fishery in 2012-2013. It is unclear if the 2001 year class and the weaker year classes following it will support the fishery at the high TACs of recent years until then.

Interprétation : Les classes d'âge 2007 et 2008, plus abondantes, sont de bons indicateurs pour le long terme, c.-à-d-. lorsqu'elles commenceront à être recrutées à la pêche en 2012-2013. Il n'est pas clair si la classe d'âge 2001 et les faibles classes d'âge suivantes alimenteront jusque là la pêche aux niveaux élevés de TAC des dernières années.

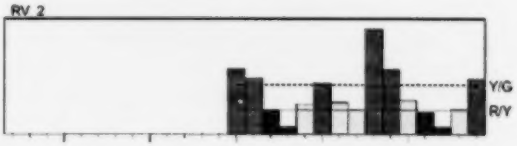
Research Vessel Abundance at Age 2



The index of 2 year old shrimp increased in 2009 to above average, after 4 years of below average values. This is in agreement with last year's high belly bag index for the 2007 year class, suggesting it is the first strong year class since 2001, possibly due to the abundance of females from this year class. This suggests the beginning of another (3rd) biomass cycle seen in this survey series (i.e. 1994-95; 2001; 2007+). This pattern of a good recruitment pulse followed by lower recruitment is a familiar one in established shrimp fisheries. Population modelling suggests that this may be a fishing effect, particularly when the cycle length approximates the life span as is the case here. It also suggests lower population stability and the continued need for good monitoring and precaution. Note, however, that the strength of the 2007 year class in 2009 is probably overestimated due to the trawl catchability problem described above.

Interpretation: Recruitment following the pulse associated with the 2001 year class was relatively low. Belly-bag and main trawl estimates indicate that a third recruitment cycle is underway.

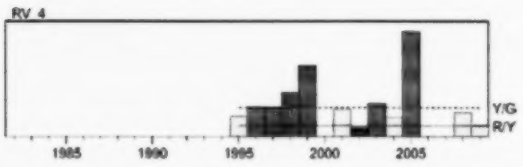
Abondance à l'âge 2 – Relevé NR



L'indice d'abondance des crevettes d'âge 2 a augmenté en 2009 pour se situer au-dessus de la moyenne, après avoir été sous la moyenne pendant quatre ans. Ceci concorde avec l'indice élevé avec sac ventral obtenu l'an dernier pour la classe d'âge 2007, ce qui laisse supposer que cette dernière est la première plus forte depuis 2001, peut-être en raison de l'abondance de femelles. C'est peut-être le début d'un troisième cycle de biomasse dans cette série d'années de relevé (1994-1995; 2001; 2007). Ce patron d'une poussée de recrutement suivie d'une baisse de recrutement est bien connu dans les pêches à la crevette. La modélisation de la population donne à penser que ce patron peut être un effet de la pêche, surtout lorsque la durée du cycle se rapproche de la durée de vie, comme c'est le cas ici. Elle suggère aussi une stabilité plus faible de la population et le besoin de continuer à bien la surveiller et à faire preuve de prudence. Il faut toutefois prendre note que les effectifs de la classe d'âge 2007 en 2009 sont probablement surestimés en raison des problèmes de capture du chalut décrits ci-dessus.

Interprétation : Le recrutement après la poussée de recrutement de la classe d'âge 2001 était relativement faible. Les estimations d'après les prises dans le sac ventral et le corps du chalut indiquent qu'un troisième cycle de recrutement est en cours.

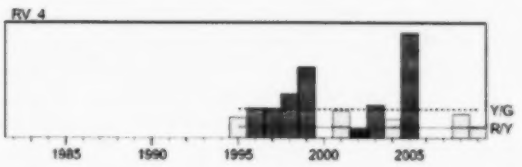
Research Vessel Abundance at Age 4



The abundance of Age 4 shrimp increased from below average in 2004 to the highest on record in 2005, reflecting the recruitment of the strong 2001 year class to what usually is the oldest male age group in the population. In 2006 and 2007, this age (2002-2003 year classes) could not be distinguished from the large mode attributed mainly to the 2001 year class. A similar situation had previously occurred in 2000, following the large 1995 year class (Table 5; Figure 13). In 2008 and 2009 the 4 year olds were poorly distinguished but were estimated at below average, indicating that there are relatively few 4 year old males to replace the females from the 2001 year class. However, because of delayed sex change of the 2001 year class the number of older males (4+) is still well above average with the second highest estimate of the series (Table 5) and will provide recruitment to the female population usually provided by 4 year olds. Changes in this indicator also reflect the apparent cyclical recruitment pattern seen with the Age 1 and Age 2 indicators above.

Interpretation: The abundance of 4 year old shrimp that are usually in their last year as males is below average, however, the abundance of older males from the 2001 year class that have delayed sex change continues to be above average and should provide good recruitment to the female population next year.

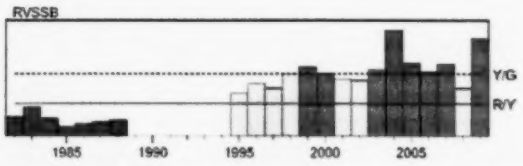
Abondance à l'âge 4 – Relevé NR



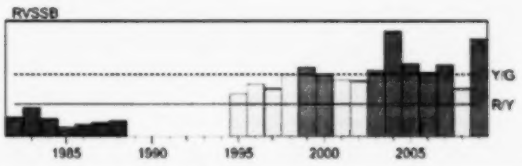
L'abondance de crevettes d'âge 4 a augmenté, pour passer d'un niveau inférieur à la moyenne en 2004 au premier rang des niveaux les plus élevés enregistrés en 2005, ce qui reflète le recrutement de la forte classe d'âge 2001 à ce qui est habituellement le groupe d'âge des mâles les plus âgés dans la population. En 2006 et 2007, cet âge (classes d'âge 2002-2003) ne pouvait pas être distingué des grandes valeurs modales attribuées principalement à la classe d'âge 2001. Une situation semblable s'était déjà produite en 2000, dans la foulée de la forte classe d'âge 1995 (tableau 5; figure 13). En 2008 et 2009, les crevettes d'âge 4 se distinguaient mal, mais leur abondance a été estimée comme se situant sous la moyenne, ce qui indique qu'il y avait relativement peu de mâles d'âge 4 pour remplacer les femelles de la classe d'âge 2001. Toutefois, à cause du changement de sexe tardif de cette dernière, le nombre de mâles âgés (4+ ans) se situe encore bien au-dessus de la moyenne, soit au deuxième rang des niveaux les plus élevés de la série (tableau 5), et ces mâles assureront le recrutement à la population femelle habituellement comblé par les mâles d'âge 4. Les changements dans cet indicateur reflètent aussi le patron de recrutement cyclique révélé par les indicateurs pour les âges 1 et 2 ci-dessus.

Interprétation : L'abondance de crevettes d'âge 4 qui en sont habituellement à leur dernière année en tant que mâles est inférieure à la moyenne. Mais l'abondance de mâles plus âgés issus de la classe d'âge 2001, dont le changement de sexe est tardif, continue d'être supérieure à la moyenne; ils devraient assurer un bon recrutement à la population femelle l'an prochain.

Research Vessel Spawning Stock Biomass (Females)



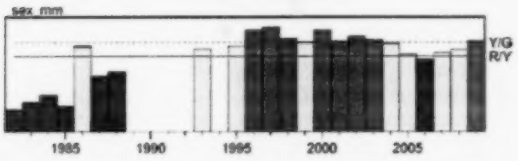
Biomasse du stock reproducteur (femelles) – Relevé NR



Spawning stock biomass increased in 2009 to the second largest on record.

Interpretation: Spawning stock biomass increased partially because of increased selectivity as the 2001 year class grew and changed sex, and partially because of the increased catchability of the refurbished survey trawl. There is no concern for recruitment overfishing.

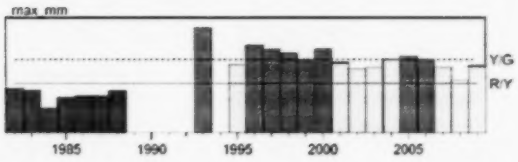
Average Size at Sex Transition (L_t)



This indicator has increased since 2006 and is above the long term average. (Figure 15A).

Interpretation: The increase in size at sex transition during the last 3 years is due to delayed sex change of the large, slow-growing 2001 year class, which now has had an additional 3 years of growth as males. This will result in larger females and maximum sizes, which will produce more eggs. This and the large spawning stock biomass leaves no concern for egg production/reproductive potential.

Average Maximum Size (L_{max})



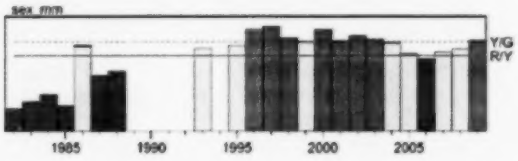
Maximum size increased in 2009 after decreasing since 2005. (Figure 15B).

Interpretation: In general and over the long-term, maximum size tends to track size at transition. These 2 indicators are re-converging as the larger size at transition of the 2001 year class

La biomasse du stock reproducteur (BSR) a augmenté en 2009 pour se situer au deuxième rang des niveaux les plus élevés jamais enregistrés.

Interprétation : La BSR a augmenté en partie à cause de la sélectivité accrue lorsque les individus de la classe d'âge 2001 ont grossi et ont changé de sexe et en partie à cause de la capacité de capture accrue du relevé de chalut remis à neuf. Il n'y a pas de danger de surpêche du potentiel reproducteur.

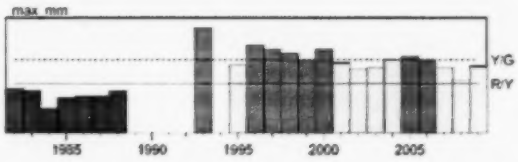
Taille moyenne au changement de sexe (L_t)



Cet indicateur a augmenté depuis 2006. Il se situe au-dessus de la moyenne à long terme (figure 15A).

Interprétation : L'augmentation de la taille au changement de sexe durant les trois dernières années est due au changement de sexe tardif des mâles de la forte classe d'âge 2001, de croissance lente, qui ont maintenant pu grossir pendant trois autres années. Cela se traduira par des femelles plus grosses et des longueurs maximales plus élevées, et donc une plus grande quantité d'œufs. En plus de la BSR élevée, il n'y a donc pas lieu de s'inquiéter en ce qui concerne le potentiel de reproduction et la production d'œufs.

Longueur maximale moyenne (L_{max})



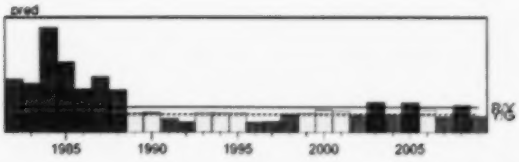
La taille maximale a présenté une tendance à la baisse depuis 2005. Cet indicateur a augmenté en 2009 (figure 15B).

Interprétation : En général et à long terme, la taille maximale et la taille au changement de sexe ont tendance à être corrélées. Ces deux indicateurs sont à nouveau corrélés car la plus

results in larger shrimp at maximum size. The longer term decrease in maximum size in all areas is still a concern, but these recent increases are encouraging in terms of reproductive potential.

grande taille au changement de sexe de la classe d'âge 2001 résulte en des crevettes de taille maximale plus élevée. La tendance fléchissante à long terme de la taille maximale dans toutes les zones préoccupe encore, mais ces récentes augmentations sont encourageantes pour ce qui est du potentiel de reproduction.

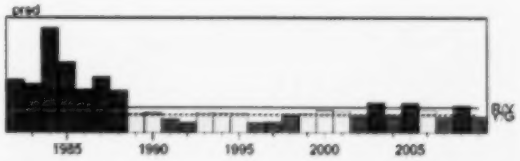
Predation



Groundfish abundances remain well below the high levels during the 1980s when the shrimp population was low. There have been only 3 red values for this indicator during the last 20 years; however, all these were within the last 6 years.

Interpretation: Natural mortality (M) due to predation remains well below the high values of the 1980s, but may have increased slightly during recent years.

Prédation

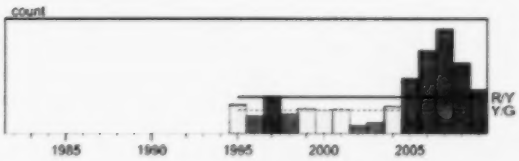


L'abondance du poisson de fond demeure bien au-dessous des niveaux élevés observés dans les années 1980, lorsque l'abondance de la crevette était faible. Cet indicateur a été rouge à trois reprises seulement dans les 20 dernières années, toutes dans les six dernières années.

Interprétation : La mortalité naturelle (M) due à la prédation demeure inférieure aux niveaux élevés des années 1980, mais peut avoir augmenté légèrement dans les dernières années.

FISHING IMPACTS

Commercial Counts

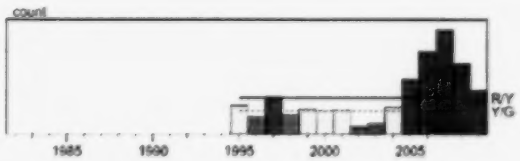


This fishery-derived indicator reflects the strong recruitment events evident in survey data (compare with ages 1, 2 and 4 recruitment). Counts increased significantly in 2005, as the 2001 year class became more catchable, to a maximum in 2007. They have decreased since as recruitment decreased and the 2001 year class grew.

Interpretation: The period of high counts associated with recruitment of the 2001 year class appears to have passed and the fishery can look forward to increasing shrimp sizes as the

EFFETS DE LA PÊCHE

Comptes commerciaux

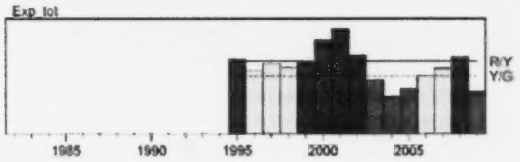


Cet indicateur de la pêche reflète les épisodes de recrutement élevé évidents dans les données de relevé (recrutement des âges 1, 2 et 4). Le nombre à la livre a augmenté sensiblement en 2005 à mesure que la classe d'âge 2001 est devenue plus capturable. Après avoir atteint un pic en 2007, il a diminué à mesure que le recrutement a diminué et que les crevettes de cette classe d'âge ont continué à grossir comme femelles.

Interprétation : La période d'un nombre élevé à la livre résultant du recrutement de la classe d'âge 2001 semble terminée et les pêcheurs peuvent anticiper une augmentation de la taille à mesure

remainder of the 2001 year class continues to grow.

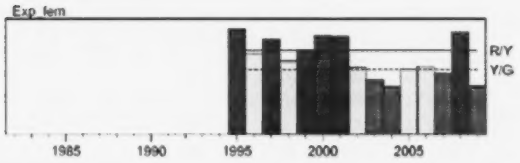
Exploitation Index



Total exploitation has increased annually since 2004. It decreased to a near-record low in 2009.

Interpretation: The current low exploitation is due to the decreased 2009 TAC, the increased biomass associated with further recruitment of the 2001 year class, and the increase in trawl efficiency.

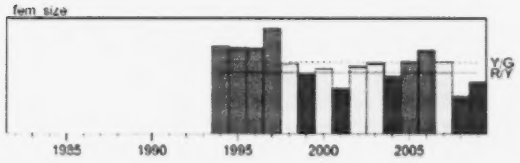
Female Exploitation Rate



Except for 2008 female exploitation has been relatively stable and below the long-term average; the high 2008 value is at least partially due to the decreased biomass estimate associated with decreased survey trawl efficiency, and the low value of 2009 is associated with the improved trawl efficiency and increased recruitment to the female population, largely from the 2001 year-class.

Interpretation: Female exploitation rates remain relatively low, leaving little concern for reproductive capacity.

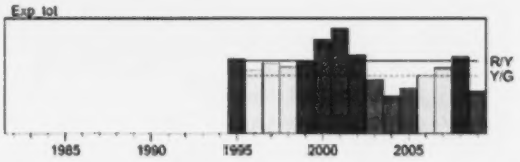
Mean Size of Females in Catch



The average size of females in the catch decreased to an all time low in 2008. It increased

que le reste de la classe d'âge 2001 continue de grossir.

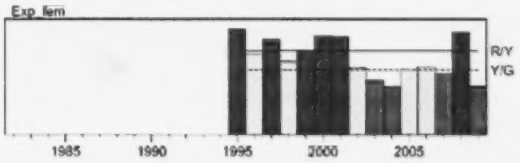
Indice d'exploitation



Le taux d'exploitation total a augmenté chaque année depuis 2004, mais est tombé à un creux presque record en 2009.

Interprétation : Le faible taux d'exploitation actuel est dû à la réduction du TAC pour 2009, à la plus forte biomasse liée au recrutement continu de la classe d'âge 2001 et à la plus grande efficacité du chalut de relevé.

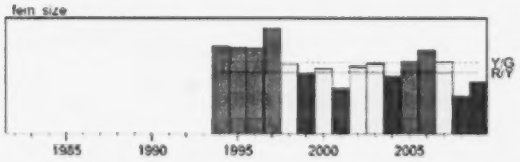
Taux d'exploitation des femelles



À l'exception de 2008, le taux d'exploitation des femelles était relativement stable et inférieur à la moyenne à long terme. La valeur élevée en 2008 est due au moins en partie à une diminution de la valeur de la biomasse estimative associée à une diminution de l'efficacité du chalut de relevé, alors que la faible valeur en 2009 est associée à l'efficacité accrue du chalut et au recrutement accru à la population femelle, en grande partie de la classe d'âge 2001.

Interprétation : Le taux d'exploitation des femelles demeure relativement faible, ce qui assure leur capacité de reproduction.

Taille moyenne des femelles dans les prises



La taille moyenne des femelles dans les prises a diminué, pour se situer au niveau le plus faible

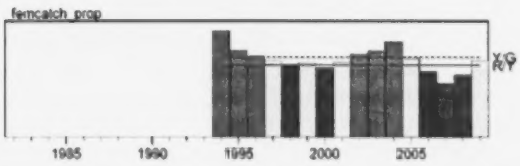
in 2009 but was still below average.

Interpretation: The average size of females in the catch has decreased from the early years of the fishery as the larger animals were selectively removed from the population. The large decrease in 2008 was due to the recruitment of the slow-growing 2001 year class as females. The increase in 2009 was due to the growth of these females and further recruitment of larger, older females. Their average size should continue to increase as this year class grows, but their importance in the population, catch and contribution to average female size will decrease as natural mortality of the year class increases.

enregistré en 2008. Elle a augmenté en 2009, mais elle est encore inférieure à la moyenne.

Interprétation : La taille moyenne des femelles dans les prises a diminué depuis les premières années de la pêche à mesure que les individus de grande taille ont été sélectivement prélevés. La forte baisse observée en 2008 était due au recrutement, en tant que femelles, de la classe d'âge 2001, à croissance lente. L'augmentation observée en 2009 était due à la croissance de ces femelles et au recrutement de femelles plus vieilles et plus grandes. Leur taille moyenne devrait continuer à augmenter à mesure que les survivantes de cette classe d'âge continuent de croître, mais leur importance dans le stock, les prises et leur contribution à la taille moyenne des femelles diminueront à mesure que la mortalité naturelle dans cette classe d'âge augmente.

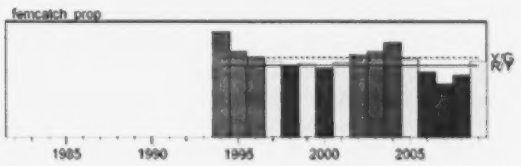
Proportion of Females in Catch



The proportion of females in the catch decreased from 2004 to 2006 and has increased since.

Interpretation: The proportion of females in the catch decreased between 2004 and 2006 due to the increase in the proportion of 2001 year class males. The increase in recent years is due to the sex change and recruitment to the female population of this year class.

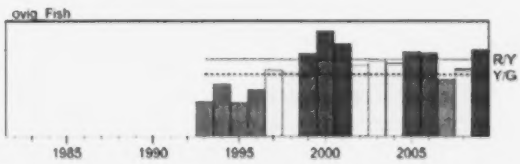
Proportion de femelles dans les prises



La proportion de femelles dans les prises a diminué entre 2004 et 2006, mais a depuis augmenté.

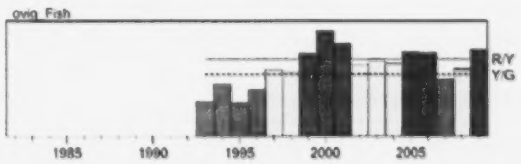
Interprétation : La proportion de femelles dans les prises a diminué entre 2004 et 2006 à cause de l'accroissement de la proportion de mâles de la classe d'âge 2001. La tendance croissante de la proportion de femelles dans les dernières années est due au changement de sexe des mâles et au recrutement de cette classe d'âge.

Fishing during Ovigerous Period



Fishing during the ovigerous period increased significantly after the early days of the fishery due to the larger TACs and the longer time required to catch them. More recently the summer closure of the fishery due to economic reasons has also resulted in larger proportion of the catch in the fall period after eggs are extruded. The monthly

Pêche en période ovigère



L'effort de pêche en période ovigère a nettement augmenté au fil du temps en raison des TAC plus élevés et du temps plus long à les capturer. La fermeture récente de la pêche en été en raison des conditions du marché a aussi donné lieu à la capture d'une plus grande proportion des prises en automne, après la ponte. La

distribution of catches, effort, and catch rates are shown in Figure 10.

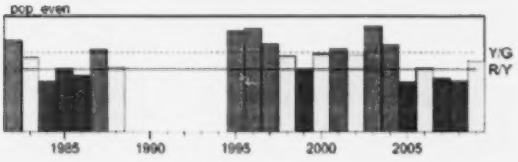
Interpretation: Fishing during the ovigerous period may have impacted population reproductive potential by removing ovigerous females before their eggs have hatched. This is probably less of a concern at the present time as the 2001 year class appears to be changing sex over several years and spreading its large reproductive potential over a wider time period than normal. Moreover, although the proportion of the catch during the ovigerous period increased in 2009, the actual amount taken did not due to the TAC decrease. To be more informative, this indicator should be refined to account for the proportion of the SSB caught during the ovigerous period.

distribution mensuelle des prises, de l'effort et des taux de capture est illustrée à la figure 10.

Interprétation : La pêche en période ovigère peut avoir nui au potentiel de reproduction car elle a prélevé des femelles ovigères avant que leurs œufs éclosent. Cela est probablement moins préoccupant à l'heure actuelle car la classe d'âge 2001 semble changer de sexe sur plusieurs années et étaler son vaste potentiel de reproduction sur une période plus longue que la normale. Qui plus est, bien que la proportion des prises en période ovigère ait augmenté en 2009, le volume réel pris n'a pas augmenté à cause de la réduction du TAC. Pour être plus informatif, cet indicateur devrait être peaufiné afin de prendre en compte la proportion de la BSS prise en période ovigère.

ECOSYSTEM

Population Age-length Evenness

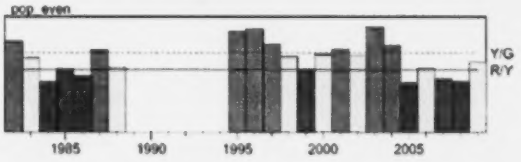


Population evenness was high at the beginning of the survey series in 1995 when the fishery was relatively new (it first attained the TAC only in 1994). It declined in the late 1990s as the large 1994-1995 year classes dominated the population, and has been very low during the last 4 years as the 2001 year class dominated, with values comparable to those seen during the low population levels in the mid 1980s. This could represent an unstable situation leading to recruitment pulses, population fluctuations, and possible "boom and bust" fishery scenarios. This index increased in 2009.

Interpretation: Although a large proportion of the population is still concentrated in only 1 year class, this appears to be decreasing as the 2001 year class dies off and subsequent year classes recruit to the survey gear. The increase in this index in 2009 may also partly be due to differential growth rates and multi-year sex change of the 2001 year class.

ÉCOSYSTÈME

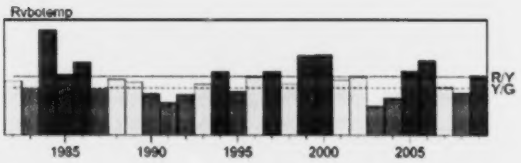
Répartition équilibrée des classes d'âge et des tailles dans la population



La répartition équilibrée dans la population était marquée au début des relevés en 1995 lorsque la pêche était relativement nouvelle (le TAC n'a été récolté qu'en 1994). Elle a diminué à la fin des années 1990 lorsque les fortes classes d'âge 1994 et 1995 dominaient dans la population, et été très faible au cours des quatre dernières années car la classe d'âge 2001 dominait, les valeurs se comparant à celles observées lorsque les effectifs de la population étaient faibles au milieu des années 1980. Cette instabilité possible pourrait mener à des poussées de recrutement, des fluctuations de la population et à des pêches marquées de hausses et de baisses extrêmes.

Interprétation : Bien qu'une seule classe d'âge constitue encore une forte proportion de la population, cette tendance semble diminuer à mesure que la classe d'âge 2001 disparaît et que les classes d'âge subséquentes sont recrutées à l'engin de pêche. L'accroissement de cet indice en 2009 peut aussi être dû en partie aux taux de croissance différentiels et au changement de sexe étalé sur plusieurs années de la classe

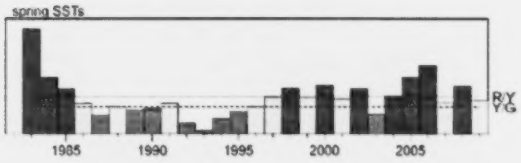
Research Vessel (Groundfish Survey) Bottom Temperatures



Bottom temperatures on the shrimp grounds were relatively high during the 1980s, when the shrimp population was low, and it was low during the population increase of the 1990s. Higher temperatures preceded the population downturn in 2001-2003. Except for 2005-2006, bottom temperatures have been relatively cool since 2002.

Interpretation: Colder temperatures in 2007-2008 may have helped larval survival, as measured by belly bag results, by increasing the incubation period, bringing hatching times closer to the spring bloom and vernal warming of surface waters, conditions favourable for larval growth and survival.

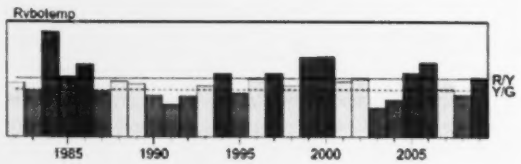
Spring Sea Surface Temperatures



At the southern limits of distribution (Gulf of Maine), surface temperatures are inversely related to shrimp abundance with a lag of 4-5 years. On the Scotian Shelf, the below average temperatures prevalent during the late 1980s and early 1990s may have facilitated the high abundances in the mid to late 1990s associated with the strong 1994-1995 year classes. However, at least one exceptional recruitment event occurred recently (2001) despite relatively high SSTs.

d'âge 2001.

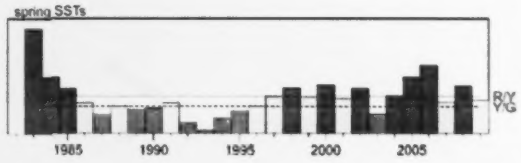
Température au fond – Relevé NR sur le poisson de fond



Les températures au fond sur les lieux de pêche de la crevette étaient relativement élevées dans les années 1980, lorsque ses effectifs étaient faible, et basses lorsqu'ils ont augmenté dans les années 1990. Une hausse des températures au fond a précédé le fléchissement de la population de 2001 à 2003. À l'exception de 2005 et 2006, elles sont relativement basses depuis 2002.

Interprétation : Les températures de l'eau plus froides au fond en 2007 et 2008 peuvent avoir favorisé la survie des larves, telle que mesurée par les résultats du relevé avec sac ventral, en prolongeant la période d'incubation des œufs, ce qui fait qu'ils ont éclos presque au même moment que s'est produite l'efflorescence phytoplanctonique printanière et le réchauffement vernal des eaux de surface, des conditions favorables à la croissance et à la survie des larves.

Température de la surface de la mer au printemps

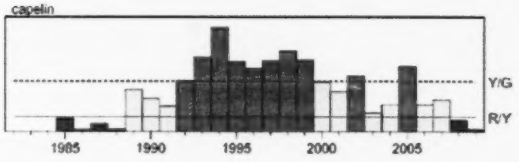


Aux limites sud de l'aire de répartition de l'espèce (golfe du Maine), l'abondance présente des corrélations négatives avec les températures de la surface de la mer (décalage de 4 à 5 ans). Sur le plateau néo-écossais, les températures inférieures à la normale qui prévalaient à la fin des années 1980 et au début des années 1990 peuvent avoir favorisé la forte abondance du milieu à la fin des années 1990 associée aux fortes classes d'âge 1994 et 1995. Toutefois, au moins un pic de recrutement exceptionnel s'est produit récemment (2001) malgré des TSM relativement élevées.

Interpretation: The warm water temperatures since the late 1990s may have contributed to the lower than average recruitments following the 2001 year class. However, cooler surface temperatures in 2007 and 2009 may have helped larval survival by increasing primary production (more food) and delaying the spring bloom to nearer the warming period (faster growth).

Interprétation : Les températures de l'eau élevées depuis la fin des années 1990 peuvent avoir contribué au recrutement inférieur à la moyenne après la classe d'âge 2001. Toutefois, les températures en surface plus froides en 2007 et 2009 peuvent avoir favorisé la survie des larves en augmentant la production primaire (plus de nourriture) et en retardant l'efflorescence printanière jusqu'au réchauffement des eaux (croissance plus rapide).

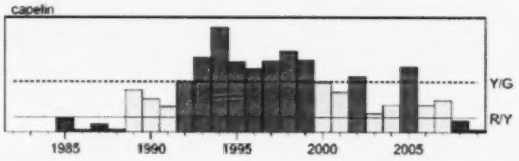
Research Vessel Capelin Abundance



During the last 10 years, capelin abundance has been lower on average than the relatively high values between 1993 and 1999. In the last two years the values are near those of the 1980s when shrimp abundance was low.

Interpretation: Considering the current low abundance of capelin it is possible that environmental/ecological conditions, which result in high production of capelin and shrimp, have not been as favourable, especially in the last two years. However, shrimp abundance remains high and its divergence from capelin may be due to negative factors impacting the latter, including capelin bycatch in the shrimp fishery, and predation by seals, Greenland halibut or other species.

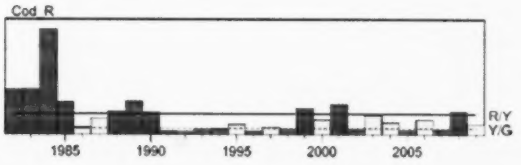
Abondance du capelan – Relevé NR



L'abondance du capelan au cours de la dernière décennie était généralement inférieure aux niveaux relativement élevés observés entre 1993 et 1999. Dans les deux dernières années, elle se rapprochait des niveaux observés à la fin des années 1980, lorsque la crevette était peu abondante.

Interprétation : Vu la faible abondance actuelle du capelan, il se peut que les conditions du milieu, nécessaires à une production élevée de capelan et de crevette, n'ont pas été aussi favorables, en particulier dans les deux dernières années. Mais l'abondance de la crevette demeure toutefois élevée et sa divergence par rapport au capelan peut être due à des facteurs nuisant à ce dernier, notamment sa prise accessoire dans la pêche de la crevette et la prédation par les phoques, le flétan noir et d'autres espèces.

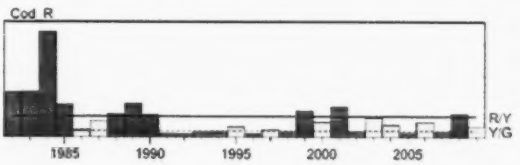
Cod Recruitment



Cod recruitment (<30cm) remains well below values seen in the 1980s.

Interpretation: Environmental conditions continue to be less favourable for cod and more

Recrutement de morue

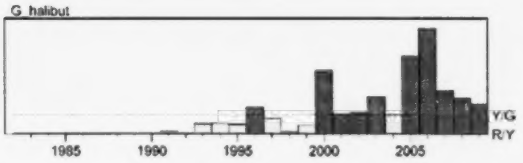


Le recrutement de la morue de moins de 30 cm de longueur demeure bien au-dessous des valeurs observées dans les années 1980.

Interprétation : Les conditions environnementales continuent d'être moins favorables pour la morue

favourable for shrimp. Natural mortality for shrimp due to cod predation is likely to remain low for some time.

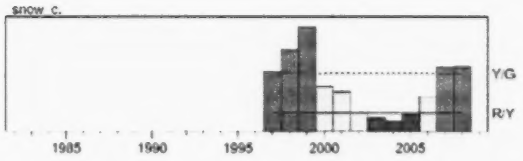
Greenland Halibut Recruitment



Greenland halibut <30cm continue to be abundant on the eastern Scotian Shelf, but appear to have decreased during the last 4 years. This species was rarely found during the warmer period of the 1980s when shrimp and capelin were also low in abundance. Note that the relationship of the shrimp resource to this indicator is ambivalent, since Greenland halibut are also known predators of shrimp.

Interpretation: Conditions still appear to be relatively favourable for Greenland halibut and shrimp, but the relatively high abundances of halibut may be impacting on the shrimp population by increasing predation and natural mortality. A continuing decreasing trend, in combination with decreased capelin abundance, may be an unfavourable signal for shrimp.

Snow Crab Recruitment (2009 Value not Available)

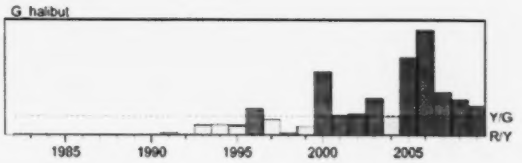


The male pre-recruit index from the snow crab survey off southern Cape Breton decreased from 1999 to 2004, but has been increasing since. Snow crab abundance, as with Greenland halibut and capelin, tend to track shrimp abundance in the long-term, however, snow crab have considerably longer longevities and population cycles.

Interpretation: The decrease in snow crab recruitment from 1999-2004 has reversed and it

et de l'être plus pour la crevette. Il est probable que la mortalité naturelle de la crevette due à la prédation par la morue demeurera faible pendant un certain temps.

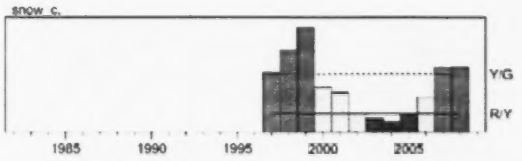
Recrutement de flétan noir



Bien que le flétan noir de moins de 30 cm de longueur continue d'être abondant dans l'est du plateau néo-écossais, il semble l'être de moins en moins dans les quatre dernières années. Au cours de la période chaude des années 1980, lorsque la crevette et le capelan y étaient peu abondants, le flétan noir s'y trouvait rarement aussi. Il est à noter que la relation entre la ressource en crevettes et cet indicateur est ambivalente, étant donné que ce poisson est un prédateur de la crevette.

Interprétation : Les conditions semblent être encore relativement favorables pour le flétan noir et la crevette, mais l'abondance relativement élevée du flétan noir peut avoir un impact sur le stock de crevette dû à la mortalité naturelle par prédation croissante. La tendance fléchissante soutenue, combinée à une diminution de l'abondance du capelan, peut être défavorable pour la crevette.

Recrutement de crabe des neiges (valeur pour 2009 non disponible)



L'indice des prérecrues chez les crabes mâles d'après le relevé mené au sud du Cap-Breton a diminué de 1999 à 2004, mais il a augmenté par la suite. Comme dans le cas du flétan noir et du capelan, l'abondance du crabe des neiges reflète l'abondance de la crevette à long terme, quoique la longévité et le cycle de vie du crabe sont considérablement plus longs.

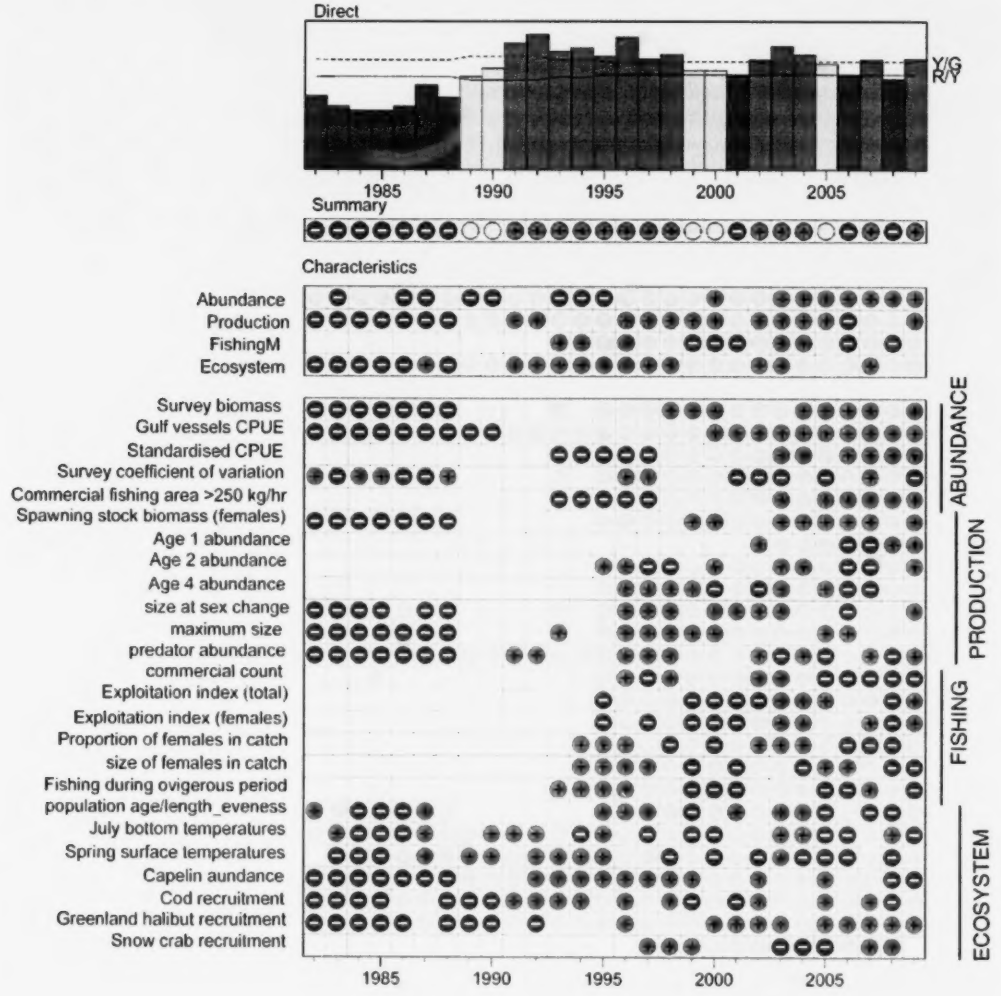
Interprétation : La baisse du recrutement du crabe des neiges observée de 1999 à 2004 est

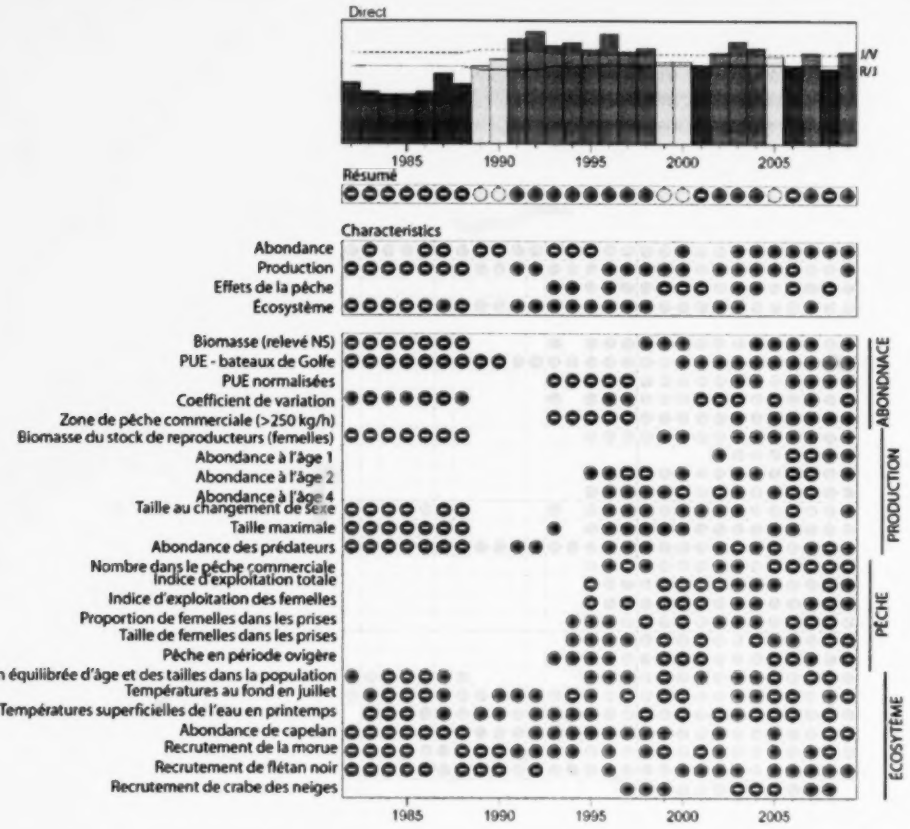
is likely that the 2009 value (unavailable) is also favourable, suggesting that longer term environmental conditions for crab and shrimp are still favourable. The pulsed recruitment pattern seen in this and the shrimp populations may have similar causes. Since the cycles differ in length between these species, their cause is probably not entirely environmental, but may be driven, at least in part, by the fisheries.

en marche arrière et il est probable que la valeur pour 2009 (non disponible) est positive, ce qui suggère que les conditions environnementales à long terme pour le crabe et la crevette sont encore favorables. Le régime de recrutement cyclique observé chez le crabe et la crevette peut avoir des causes semblables, mais étant donné que la durée du cycle de vie des deux espèces diffère, elles ne sont probablement pas entièrement d'ordre environnemental. Elles peuvent être dictées, au moins en partie, par les pêches.

TRAFFIC LIGHT SUMMARY

RÉSUMÉ DES FEUX DE CIRCULATION





Precautionary Note: The overall summary and characteristic summary values are derived by a simple averaging process which does not account for complex interactions between indicators which may be occurring. Consequently, even the interpretation of individual indicators must be approached cautiously with regard to their relationship to stock health. Their placement within characteristics is also open to interpretation.

Avertissement : Le résumé général et les valeurs des caractéristiques résumées sont établies d'après un simple processus de calcul des moyennes qui ne tient pas compte des interactions complexes entre les indicateurs. Par conséquent, l'interprétation des indicateurs doit être abordée avec prudence pour ce qui est des liens entre ces indicateurs et le bon état du stock.

The summary indicator reverted to green in 2009, mainly in response to improvements in indicators associated with the increase in the survey abundance index (survey biomass, SSB, Age 2 abundance, total and female exploitation). Since the evidence suggests that the decrease in the survey abundance index, particularly in 2008, was mainly due to trawl selectivity rather than a real decrease in abundance, the summary red value in 2008 is likely erroneous and was likely more favourable. Other notable improvements for 2009 include the increase in the size at sex change, proportion in the catch, population

Le résumé des feux de circulation est revenu au vert en 2009, principalement suite aux améliorations dans les indicateurs associés à l'augmentation de l'abondance selon le relevé [Biomasse de relevé, Biomasse du stock reproducteur, Abondance à l'âge 2, Indice d'exploitation totale et Indice d'exploitation des femelles). Étant donné que les éléments probants permettent de croire que la diminution de l'indice d'abondance selon le relevé, en particulier en 2008, était due principalement à des facteurs de capturabilité plutôt qu'à une diminution réelle de l'abondance, le résumé au

evenness, and predator abundance. Downturns were recorded for the survey CV, proportion of catch taken during the ovigerous period, and bottom temperatures. For characteristics, abundance has remained favourable (green) for the last seven years despite the survey downturn, due to the influence of the commercial CPUE indices which remained strong throughout. The production characteristic turned green in 2009 because of improved SSB, recruitment (Age 2), size at sex change and predation indicators. Fishing effects improved due to decreased exploitation indices and proportion of females in the catch. The Ecosystem characteristic remained unchanged (yellow) despite changes to individual indicators. Although the snow crab recruitment index was unavailable, recruitment for this stock appears to remain strong – availability of the index would probably not have had a negative affect on the ecosystem characteristic or overall summary.

rouge en 2008 est probablement erroné; il était probablement plus favorable. Les indicateurs Taille au changement de sexe, Proportion de femelles dans les prises, Répartition équilibrée d'âge et des tailles dans la population et Abondance des prédateurs ont connu des améliorations notables en 2009. Par contre, les indicateurs Coefficient de variation du relevé, Pêche en période ovigère et Température au fond en juillet ont connu un recul. La caractéristique Abondance est demeurée favorable (vert) pendant les sept dernières années malgré le recul dans le relevé à cause de l'effet de l'indicateur PUE de la pêche commerciale, qui est demeuré élevé tout au long de la période. La caractéristique Production a tourné au vert en 2009 en raison de l'accroissement des indicateurs Biomasse du stock reproducteur, Recrutement (âge 2), Taille au changement de sexe et Prédation. L'indicateur Effets de la pêche a connu une amélioration en raison d'une baisse des indicateurs Indices d'exploitation des femelles et Proportion de femelles dans les prises. La caractéristique Écosystème est demeurée inchangée (jaune) malgré les changements dans les indicateurs individuels. Bien que l'indicateur Recrutement de crabe des neiges n'était pas disponible, le recrutement à ce stock semble encore élevé. La disponibilité de cet indicateur n'aurait probablement pas eu un effet négatif sur la caractéristique Écosystème dans le résumé global.

ACKNOWLEDGEMENTS

We thank Captain Schrader for his excellent co-operation and expert advice on the survey gear, and the entire crew of *MV Cody & Kathryn* for successfully conducting the 2009 survey. David Hardie and Brad Hubley acted as external reviewers and provided many useful comments for the 2009 assessment. Thanks again also to the many fishers and buyers who provided fishery data such as counts, catch and effort data, and shrimp samples for laboratory analysis over the years. As always, Steve Smith provided statistical advice and quantitative inspiration. Special thanks to Raymond King for his leadership in DFO-industry co-operation during his tenure as President of the Atlantic Canadian Mobile Shrimpers Association. The senior author would also like to thank everyone associated with the Canadian and international shrimp fishing industry for helping to make his 15-year participation in this endeavour so interesting,

REMERCIEMENTS

Nous remercions le capitaine Schrader pour son excellente coopération et ses conseils éclairés sur l'engin de relevé, ainsi que l'équipage du *Cody & Kathryn* pour avoir mené avec succès le relevé de 2009. David Hardie et Brad Hubley ont agi à titre d'évaluateurs externes et ont fourni de nombreux commentaires utiles pour l'évaluation de 2009. Nous tenons à remercier à nouveau les nombreux pêcheurs et acheteurs qui nous ont fourni au fil des ans des données sur la pêche, notamment sur le nombre de crevettes à la livre et les prises et l'effort, ainsi que des échantillons aux fins d'analyse en laboratoire. Comme toujours, Steve Smith nous a fourni des conseils d'ordre statistique et quantitatif. Le leadership de Raymond King dans la coopération entre le MPO et l'industrie, lorsqu'il était président de l'Atlantic Canadian Mobile Shrimpers Association nous a été grandement utile. L'auteur principal aimerait également remercier tous les intervenants de

stimulating and enjoyable.

l'industrie canadienne et étrangère de la pêche à la crevette de l'avoir aidé à faire de sa participation à cette entreprise pendant 15 ans si intéressante, stimulante et agréable.

REFERENCES

Caddy, J.F., E. Wade, T. Surette, M. Hebert, and M. Moriyasu. 2005. Using an empirical traffic light procedure for monitoring and forecasting in the Gulf of St. Lawrence fishery for the snow crab, *Chionoecetes opilio*. Fish. Res. 76: 123-145.

Charnov, E., and U. Skúladóttir. 2000. Dimensionless invariants for the optimal size (age) of sex change. Evol. Ecol. Res. 2: 1067-1071.

Frank, K.T., J. Simon, and J.E. Carscadden 1994. Recent excursions of capelin (*Mallotus villosus*) to Scotian Shelf and Flemish Cap during anomalous hydrographic conditions. NAFO SCR Doc. 94/68.

Gavaris, S. 1980. Use of a multiplicative model to estimate catch rate and effort from commercial data. J. Fish Aquat. Sci. 37: 2272-2275.

Halliday, R.G., and P.A. Koeller. 1981. A history of Canadian groundfish trawling surveys and data usage in ICNAF Divisions 4TVWX; pp. 27-41. In W.G. Doubleday and D. Rivard (Editors). Bottom Trawl Surveys. Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci. 58.

Halliday, R.G., L.P. Fanning, and R.K. Mohn. 2001. Use of the traffic light method in fishery management planning. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2001/108.

Koeller, P. 1996a. Aspects of the biology of Pink shrimp *Pandalus borealis* Krøyer on the Scotian Shelf. DFO Atl. Fish. Res. Doc. 96/9.

Koeller, P. 1996b. The Scotian Shelf shrimp fishery in 1995. DFO Atl. Fish. Res. Doc. 96/8.

Koeller, P. 1996c. Results from the experimental shrimp trap fishery in 1995. DFO Atl. Fish. Res. Doc. 96/10.

RÉFÉRENCES

Caddy, J.F., E. Wade, T. Surette, M. Hébert et M. Moriyasu. 2005. Using an empirical traffic light procedure for monitoring and forecasting in the Gulf of St. Lawrence fishery for the snow crab, *Chionoecetes opilio*. Fish. Res. 76: 123-145.

Charnov, E., et U. Skúladóttir. 2000. Dimensionless invariants for the optimal size (age) of sex change. Evol. Ecol. Res. 2: 1067-1071.

Frank, K.T., J. Simon et J.E. Carscadden 1994. Recent excursions of capelin (*Mallotus villosus*) to Scotian Shelf and Flemish Cap during anomalous hydrographic conditions. NAFO SCR Doc. 94/68.

Gavaris, S. 1980. Use of a multiplicative model to estimate catch rate and effort from commercial data. J. can. sci. halieut. aquat. 37: 2272-2275.

Halliday, R.G., et P.A. Koeller. 1981. A history of Canadian groundfish trawling surveys and data usage in ICNAF Divisions 4TVWX; p. 27-41. *In* W.G. Doubleday et D. Rivard (rédacteurs en chef). Bottom Trawl Surveys. Publ. spec. can. sci. halieut. aquat. 58.

Halliday, R.G., L.P. Fanning, et R.K. Mohn. 2001. Utilisation de la méthode des feux de circulation dans la planification de la gestion de la pêche. Secr. can. de consult. sci du MPO, Doc. rech. 2001/108.

Koeller, P. 1996a. Aspects of the biology of Pink shrimp *Pandalus borealis* Krøyer on the Scotian Shelf. MPO, Doc. rech. pêches Atl. 96/9.

Koeller, P. 1996b. La pêche de la crevette sur le plateau néo-écossais en 1995. MPO, Doc. rech. pêches Atl. 96/8.

Koeller, P. 1996c. Results from the experimental shrimp trap fishery in 1995. MPO, Doc. rech. pêches Atl. 96/10.

Koeller, P. 2000. Relative importance of environmental and ecological factors to the management of the northern shrimp fishery (*Pandalus borealis*) on the Scotian Shelf. J. Northw. Atl. Fish. Sci. 27: 37-50.

Koeller, P. 2006. Inferring shrimp (*Pandalus borealis*) growth characteristics from life history stage structure analysis. J. Shell. Res. 25: 595-608.

Koeller, P., M. Covey, and M. King. 1996. The Scotian Shelf shrimp (*Pandalus borealis*) fishery in 1996. DFO Atl. Fish. Res. Doc. 96/128.

Koeller, P., M. Covey, and M. King. 1997. The Scotian Shelf shrimp (*Pandalus borealis*) fishery in 1997. DFO Atl. Fish. Res. Doc. 97/125.

Koeller, P., M. Covey, and M. King. 1999. The Scotian Shelf shrimp (*Pandalus borealis*) fishery in 1999. DFO Can. Stock Assess. Sec. Res. Doc. 99/172.

Koeller, P., M. Covey, and M. King. 2001. Northern shrimp (*Pandalus borealis*) on the eastern Scotian Shelf – Review of the 2000 fishery and outlook for 2001. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2001/003.

Koeller, P., M. Covey, and M. King. 2002. A new traffic light assessment for northern shrimp (*Pandalus borealis*) on the eastern Scotian Shelf. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2002/006.

Koeller, P., M. Covey, and M. King. 2003a. An assessment of the eastern Scotian Shelf shrimp stock and fishery for 2002. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2003/005.

Koeller, P., M. Covey, and M. King. 2003b. Is size at transition a measure of growth or abundance in Pandalid shrimp? Fish. Res. 65: 217-230.

Koeller, P., M. Covey, and M. King. 2004. An assessment of the eastern Scotian Shelf shrimp stock and fishery for 2003 and outlook to 2004. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2004/001.

Koeller, P. 2000. Relative importance of environmental and ecological factors to the management of the northern shrimp fishery (*Pandalus borealis*) on the Scotian Shelf. J. Northw. Atl. Fish. Sci. 27: 37-50.

Koeller, P. 2006. Inferring shrimp (*Pandalus borealis*) growth characteristics from life history stage structure analysis. J. Shell. Res. 25: 595-608.

Koeller, P., M. Covey et M. King. 1996. La pêche de la crevette (*Pandalus borealis*) sur le plateau néo-écossais en 1996. MPO, Doc. rech. pêches Atl. 96/128.

Koeller, P., M. Covey et M. King. 1997. La pêche de la crevette (*Pandalus borealis*) sur la plate-forme Scotian en 1997. MPO, Doc. rech. pêches Atl. 97/125.

Koeller, P., M. Covey et M. King. 1999. La pêche à la crevette (*Pandalus borealis*) sur le plateau néo-écossais en 1999. MPO, Sec. can. éval. stocks, Doc. rech. 99/172.

Koeller, P., M. Covey et M. King. 2001. Northern shrimp (*Pandalus borealis*) on the eastern Scotian Shelf – Review of the 2000 fishery and outlook for 2001. Secr. can. de consult. sci du MPO, Doc. rech. 2001/003.

Koeller, P., M. Covey et M. King. 2002. Nouvelle évaluation du stock de crevette nordique (*Pandalus borealis*) de l'est de la plate-forme Scotian selon la méthode des feux de circulation. Secr. can. de consult. sci du MPO, Doc. rech. 2002/006.

Koeller, P., M. Covey et M. King. 2003a. Évaluation du stock et de la pêche en 2002 pour la crevette de l'est du plateau néo-écossais. Secr. can. de consult. sci du MPO, Doc. rech. 2003/005.

Koeller, P., M. Covey et M. King. 2003b. Is size at transition a measure of growth or abundance in Pandalid shrimp? Fish. Res. 65: 217-230.

Koeller, P., M. Covey et M. King. 2004. Évaluation du stock et de la pêche en 2003 pour la crevette de l'est du plateau néo-écossais et perspectives pour 2004. Secr. can. de consult. sci du MPO, Doc. rech. 2004/001.

Koeller, P., M. Covey, and M. King. 2005. An assessment of the eastern Scotian Shelf shrimp stock and fishery for 2004 and outlook to 2005. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2005/001.

Koeller, P., M. Covey, and M. King. 2006a. An assessment of the eastern Scotian Shelf shrimp stock and fishery for 2005 and outlook to 2006. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2006/001.

Koeller, P., M. Covey, and M. King. 2006b. An assessment of the eastern Scotian Shelf shrimp stock and fishery in 2006 and outlook for 2007, including an estimate of bycatch and evaluation of alternative fishery independent abundance indicators. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2006/090.

Koeller, P., M. Covey, and M. King. 2008. An assessment of the eastern Scotian Shelf shrimp stock and fishery in 2007 and outlook for 2008. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2008/052.

Koeller, P., M. Covey, and M. King. 2009. An assessment of the eastern Scotian Shelf shrimp stock and fishery in 2008 and outlook for 2009. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2009/030.

Koeller, P., R. Mohn, and M. Etter 2000a. Density dependant sex change in pink shrimp, *Pandalus borealis,* on the Scotian Shelf. J. Northw. Atl. Fish. Sci. 27: 107-118.

Koeller, P., L. Savard, D. Parsons, and C. Fu. 2000b. A precautionary approach to assessment and management of shrimp stocks in the Northwest Atlantic. J. Northw. Atl. Fish. Sci. 27: 235-247.

Koeller, P., M. Covey, M. King, and S.J. Smith. 1998. The Scotian Shelf shrimp (*Pandalus borealis*) fishery in 1998. DFO Can. Stock Assess. Sec. Res. Doc. 98/150.

Koeller, P., M. Covey et M. King. 2005. Évaluation du stock et de la pêche en 2004 pour la crevette de l'est du plateau néo-écossais et perspectives pour 2005. Secr. can. de consult. sci du MPO, Doc. rech. 2005/001.

Koeller, P., M. Covey et M. King. 2006a. Évaluation du stock et de la pêche en 2005 pour la crevette de l'est du plateau néo-écossais et perspectives pour 2006. Secr. can. de consult. sci du MPO, Doc. rech. 2006/001.

Koeller, P., M. Covey et M. King. 2006b. Évaluation du stock et de la pêche en 2006 pour la crevette de l'est du plateau néo-écossais et perspectives pour 2007, y compris une estimation des prises accessoires et une évaluation des indicateurs de l'abondance de rechange indépendants de la pêche. Secr. can. de consult. sci du MPO, Doc. rech. 2006/090.

Koeller, P., M. Covey et M. King. 2008. Évaluation du stock et de la pêche en 2007 pour la crevette de l'est du plateau néo-écossais et perspectives pour 2008. Secr. can. de consult. sci du MPO, Doc. rech. 2008/052.

Koeller, P., M. Covey et M. King. 2009. Évaluation du stock et de la pêche en 2008 pour la crevette de l'est du plateau néo-écossais et perspectives pour 2009. Secr. can. de consult. sci du MPO, Doc. rech. 2009/030.

Koeller, P., R. Mohn et M. Etter 2000a. Density dependant sex change in pink shrimp, *Pandalus borealis,* on the Scotian Shelf. J. Northw. Atl. Fish. Sci. 27: 107-118.

Koeller, P., L. Savard, D. Parsons et C. Fu. 2000b. A precautionary approach to assessment and management of shrimp stocks in the Northwest Atlantic. J. Northw. Atl. Fish. Sci. 27: 235-247.

Koeller, P., M. Covey, M. King et S.J. Smith. 1998. La pêche à la crevette (*Pandalus borealis*) sur le plateau néo-écossais en 1998. MPO, Sec. can. éval. stocks, Doc. rech. 98/150.

Koeller, P., C. Fuentes-Yaco, T. Platt, D. Orr, S. Sathyendranath, A. Richards, P. Ouellet, U. Skúladóttir, K. Wieland, L. Savard and M. Aschan. 2009. Basin-scale coherence in phenology of shrimps and phytoplankton in the north Atlantic Ocean. Sci. 324: 791-793.

Macdonald, P.D.M., and T.J. Pitcher. 1979. Age-groups from size-frequency data: A versatile and efficient method of analysing distribution mixtures. J. Fish. Res. Board Can. 36: 987-1001.

Mohn, R., J. Black, and P. Koeller. 2001. Traffic light indicators. BIO Review 2000.

Ouellet, P., L. Savard, and P. Larouche. 2007. Spring oceanographic conditions and northern shrimp *Pandalus borealis* recruitment success in the north-western Gulf of St. Lawrence. Mar. Ecol. Prog. Ser. 339: 229-241.

Shumway, S.E., H.C. Perkins, D.F. Schick, and A.P. Stickney. 1985. Synopsis of biological data on the pink shrimp, *Pandalus borealis* Krøyer, 1838. NOAA Tech. Rept. NMFS 30.

Smith, S.J. 1997. Bootstrap confidence limits for groundfish trawl survey estimates of mean abundance. J. can. sci. halieut. aquat. 54: 616-663.

Koeller, P., C. Fuentes-Yaco, T. Platt, D. Orr, S. Sathyendranath, A. Richards, P. Ouellet, U. Skúladóttir, K. Wieland, L. Savard et M. Aschan. 2009. Basin-scale coherence in phenology of shrimps and phytoplankton in the north Atlantic Ocean. Science 324: 791-793.

Macdonald, P.D.M., et T.J. Pitcher. 1979. Age-groups from size-frequency data: A versatile and efficient method of analysing distribution mixtures. Journal de l'Office des recherches sur les pêcheries du Canada 36: 987-1001.

Mohn, R., J. Black et P. Koeller. 2001. Méthode des feux de circulation. Revue annuelle de l'IOB 2000.

Ouellet, P., L. Savard et P. Larouche. 2007. Spring oceanographic conditions and northern shrimp *Pandalus borealis* recruitment success in the north-western Gulf of St. Lawrence. Mar. Ecol. Prog. Ser. 339: 229-241.

Shumway, S.E., H.C. Perkins, D.F. Schick et A.P. Stickney. 1985. Synopsis of biological data on the pink shrimp, *Pandalus borealis* Krøyer, 1838. NOAA Tech. Rep. NMFS 30.

Smith, S.J. 1997. Bootstrap confidence limits for groundfish trawl survey estimates of mean abundance. J. can. sci. halieut. aquat. 54: 616-663.

Table 1. Total allowable catches (TACs; trawls) and catches (trawls and traps) from the eastern Scotian Shelf shrimp fishery 1980-2008.

	TAC		Catch					
	Trawl	Trap	Trawl SFA				Trap	
Year			13	14	15	Total		Total
1980	5021		491	133	360	984		984
1981	-		418	26	10	454		454
1982	4200		316	52	201	569		569
1983	5800		483	15	512	1010		1010
1984	5700		600	10	318	928		928
1985	5560		118	-	15	133		133
1986	3800		126	-	-	126		126
1987	2140		148	4	-	152		152
1988	2580		75	6	1	82		82
1989	2580		91	2	-	93		93
1990	2580		90	14	-	104		104
[1]1991	2580		81	586	140	804		804
1992	2580		63	1181	606	1850		1850
[2]1993	2650		431	1279	317	2044		2044
[3]1994	3100		8	2656	410	3074		3074
1995	3170		168	2265	715	3148	27	3175
1996	3170		55	2299	817	3171	187	3358
1997	3600		570	2422	583	3574	222	3797
1998	3800		562	2014	1223	3800	131	3931
1999	4800	200	717	1521	2464	4702	149	4851
2000	5300	200	473	1822	2940	5235	201	5436
2001	4700	300	692	1298	2515	4505	263	4768
2002	2700	300	261	1553	885	2699	244	2943
2003	2700	300	612	1623	373	2608	157	2765
2004	3300	200	2041	755	376	3172	96	3268
2005	4608	392	1190	1392	1054	3636	9	3645
2006	4608	392	846	1997	1111	3954	32	3986
2007	4820	200	267	2633	1678	4578	4	4582
2008	4912	100	349	2703	1265	4317	4	4321
[4]2009	3475	25	298	2450	727	3475	2	3477

[1] Nordmore separator grate introduced.
[2] Overall TAC not caught because TAC for Shrimp Fishing Area (SFA) 14 and 15 was exceeded.
[3] Individual SFA TACs combined.
[4] Preliminary to October 23rd, a projected catch of 3500mt was used to calculate exploitation rates, etc

Tableau 1. Total autorisé des captures (TAC; chalut) et prises (chalut et casier) dans la pêche de la crevette dans l'est du plateau néo-écossais de 1980 à 2008.

	TAC		Prises					
	Chalut	Casier	Chalut ZPC				Casier	
Année			13	14	15	Total		Total
1980	5 021		491	133	360	984		984
1981	-		418	26	10	454		454
1982	4 200		316	52	201	569		569
1983	5 800		483	15	512	1 010		1 010
1984	5 700		600	10	318	928		928
1985	5 560		118	-	15	133		133
1986	3 800		126	-	-	126		126
1987	2 140		148	4	-	152		152
1988	2 580		75	6	1	82		82
1989	2 580		91	2	-	93		93
1990	2 580		90	14	-	104		104
[1]1991	2 580		81	586	140	804		804
1992	2 580		63	1 181	606	1 850		1 850
[2]1993	2 650		431	1 279	317	2 044		2 044
[3]1994	3 100		8	2 656	410	3 074		3 074
1995	3 170		168	2 265	715	3 148	27	3 175
1996	3 170		55	2 299	817	3 171	187	3 358
1997	3 600		570	2 422	583	3 574	222	3 797
1998	3 800		562	2 014	1 223	3 800	131	3 931
1999	4 800	200	717	1 521	2 464	4 702	149	4 851
2000	5 300	200	473	1 822	2 940	5 235	201	5 436
2001	4 700	300	692	1 298	2 515	4 505	263	4 768
2002	2 700	300	261	1 553	885	2 699	244	2 943
2003	2 700	300	612	1 623	373	2 608	157	2 765
2004	3 300	200	2 041	755	376	3 172	96	3 268
2005	4 608	392	1 190	1 392	1 054	3 636	9	3 645
2006	4 608	392	846	1 997	1 111	3 954	32	3 986
2007	4 820	200	267	2 633	1 678	4 578	4	4 582
2008	4 912	100	349	2 703	1 265	4 317	4	4 321
[4]2009	3 475	25	298	2 450	727	3 475	2	3 477

[1] Introduction de la grille séparatrice Nordmore.
[2] Le TAC global n'a pas été capturé parce que le TAC pour les ZPC 14 et 15 a été dépassé.
[3] Les TAC pour chaque ZPC ont été combinés.
[4] Les données au 23 octobre sont préliminaires. Des prises prévues de 3 500 t ont été utilisées pour calculer les taux d'exploitation, etc.

Table 2. Number of active vessels and total licences (in brackets) for the eastern Scotian Shelf shrimp fishery.

	Trap	Trawl	
Year	S-F[1]	S-F[2]	Gulf[3]
1995	4	24(23)	6(23)
1996	9(17)	21(24)	6(23)
1997	10(17)	18(23)	6(23)
1998	15(26)	17(28)[4]	10(23)[5]
1999	15(22)	19(28)[4]	10(23)[5]
2000	12(21)	18(32)[6]	10(23)[5]
2001	10(28)	18(28)[4]	10(23)[5]
2002	10(14)[7]	15(23)	6(23)
2003	9(14)	14(23)	5(23)
2004	6(14)	14(23)	6(23)
2005	2(14)	20(28)[8]	7(24)[9]
2006	5(14)	18(28)	7(24)
2007	2(14)	20(28)	7(24)
2008	1(14)	18(28)	7(24)
2009	1(14)	13(28)	6(24)

All but one active trap licences are vessels <45'. They receive about 8% of the total allowable catch (TAC).

[2] These vessels receive about 70% of the TAC according to the management plan. Inactive NAFO 4X licences (15) not included in total.

[3] All licences 65-100' length over all (LOA). Eligibility to fish in Scotia-Fundy for about 23% of the TAC.

[4] Temporary allocation divided among 5 vessels.

[5] Temporary allocation divided among 4 vessels.

[6] Temporary allocation divided among 9 licences.

[7] Nine (9) licences were made permanent for 2002. The reduction in the total number of trap licences is due to cancellation of some non-active exploratory licences.

[8] Five (5) temporary licences made permanent.

[9] One (1) temporary licence made permanent.

Tableau 2. Nombre de bateaux actifs et nombre total de permis de pêche de la crevette (entre parenthèses) dans l'est du plateau néo-écossais.

	Casier	Chalut	
Année	**S-F[1]**	**S-F[2]**	**Golfe[3]**
1995	4	24 (23)	6 (23)
1996	9 (17)	21 (24)	6 (23)
1997	10 (17)	18 (23)	6 (23)
1998	15 (26)	17 (28)[4]	10 (23)[5]
1999	15 (22)	19 (28)[4]	10 (23)[5]
2000	12 (21)	18 (32)[6]	10 (23)[5]
2001	10 (28)	18 (28)[4]	10 (23)[5]
2002	10 (14)[7]	15 (23)	6 (23)
2003	9 (14)	14 (23)	5 (23)
2004	6 (14)	14 (23)	6 (23)
2005	2 (14)	20 (28)[8]	7 (24)[9]
2006	5 (14)	18 (28)	7 (24)
2007	2 (14)	20 (28)	7 (24)
2008	1 (14)	18 (28)	7 (24)
2009	1 (14)	13 (28)	6 (24)

[1] Tous les permis de pêche au casier, sauf un, ont été délivrés à des bateaux de moins de 45 pi. Ces bateaux ont droit à environ 8 % du total autorisé des captures (TAC).
[2] Ces bateaux ont droit à environ 70 % du TAC selon le plan de gestion. Les permis inactifs pour la division 4X de l'OPANO (15) ne sont pas inclus dans le total.
[3] Tous les permis pour les bateaux de 65 à 100 pi de longueur hors tout. Admissibilité à pêcher environ 23 % du TAC dans Scotia-Fundy.
[4] Allocation temporaire divisée entre cinq bateaux.
[5] Allocation temporaire divisée entre quatre bateaux.
[6] Allocation temporaire divisée entre neuf permis.
[7] Neuf (9) permis ont été transformés en permis permanents pour 2002. La réduction dans le nombre total de permis de pêche au casier est due à l'annulation d'un certain nombre de permis de pêche exploratoire non utilisés.
[8] Cinq (5) permis temporaires ont été transformés en permis permanents.
[9] Un (1) permis temporaire a été transformé en permis permanent.

Table 3. Input data for traffic light analysis.
Tableau 3. Données d'entrée pour l'analyse des feux de circulation.

Indicators	RV_CPUE	G_CPUE	SI_CPUE	RV_CV	Comm_area	RVSSB	BB_1	RV_2	RV_4	sex_mm	max_mm	pred	count	Exp_tot	Exp_fem	femcatch_p	fem_size	ovig_Fish	pop_even	Rvbotemp	spring	Scapelin	Cod_R	G_halibut	snow_c.
Action	Pctile	Pctile	Pctile	Pctile	Pctile	Pctile	Pctile	Pctile	Pctile	Pctile	Pctile	Pctile	Pctile	Pctile	Pctile	Pctile	Pctile	Pctile	Pctile	Pctile	Pctile	Pctile	Pctile	Pctile	Pctile
Indirect																									
Rule	abundance	(production ==		red)	+																				
Direct																									
Overwts	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Maxwts	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Level_YG	0.66	0.66	0.66	0.33	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.33	0.33	0.33	0.33	0.66	0.66	0.33	0.66	0.33	0.33	0.66	0.33	0.66	0.66
Level_RY	0.33	0.33	0.33	0.66	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.66	0.66	0.66	0.66	0.33	0.33	0.66	0.33	0.66	0.66	0.33	0.66	0.33	0.33
Characteristics	Polarity																								
Abundance	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Production	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
FishingM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
Ecosystem	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1
Year																									
1982	34.5	128	NAN	65.5423455	NAN	5040.7	NAN	NAN	NAN	21.1538	28.23626	179.29	NAN	NAN	NAN	NAN	NAN	NAN	0.808033	2.569091	NAN	0	2.3846	0	NAN
1983	71.5	127.7	NAN	86.013687	NAN	7323.1	NAN	NAN	NAN	21.47592	28.14943	164.05	NAN	NAN	NAN	NAN	NAN	NAN	0.773812	2.220909	2.7767	0	2.4151	0	NAN
1984	39	109.5	NAN	55.3513949	NAN	4461	NAN	NAN	NAN	21.78866	27.45517	353.25	NAN	NAN	NAN	NAN	NAN	NAN	0.726571	4.954444	0.4767	0	5.569	0.060764	NAN
1985	17	75.4	NAN	60.4767365	NAN	2417.7	NAN	NAN	NAN	21.29828	27.868	236.37	NAN	NAN	NAN	NAN	NAN	NAN	0.750052	2.864444	-0.073	1.5542	1.7091	0.051471	NAN
1986	23	87.3	NAN	113.141253	NAN	3187.9	NAN	NAN	NAN	23.98564	27.91583	144.33	NAN	NAN	NAN	NAN	NAN	NAN	0.737725	3.451176	-0.773	0.1344	0.3883	0.085784	NAN
1987	25.5	90.7	NAN	89.2027906	NAN	3424.5	NAN	NAN	NAN	22.65516	27.92652	187.04	NAN	NAN	NAN	NAN	NAN	NAN	0.788656	2.192857	-1.323	0.7652	0.8659	0.162037	NAN
1988	31.5	85.1	NAN	70.1920603	NAN	4047	NAN	NAN	NAN	23.84453	28.11976	142.81	NAN	NAN	NAN	NAN	NAN	NAN	0.755248	2.645455	-0.923	0.1727	1.1947	0.057566	NAN
1989	NAN	133.4	NAN	NAN	NAN	NAN	NAN	NAN	NAN			66.581	NAN	NAN	NAN	NAN	NAN	NAN	NAN	2.517273	-1.073	18.377	1.7535	0	NAN
1990	NAN	134.5	NAN	NAN	NAN	NAN	NAN	NAN	NAN			67.326	NAN	NAN	NAN	NAN	NAN	NAN	NAN	1.973043	-1.023	9.2281	1.1632	0	NAN
1991	NAN	197.9	NAN	NAN	NAN	NAN	NAN	NAN	NAN			46.906	NAN	NAN	NAN	NAN	NAN	NAN	NAN	1.5375	-0.773	5.0715	0.1659	0.463853	NAN
1992	NAN	176.3	NAN	NAN	NAN	NAN	NAN	NAN	NAN			32.1	NAN	NAN	NAN	NAN	NAN	NAN	NAN	1.92069	-1.723	34.878	0.1691	0.084541	NAN
1993	75	195.388	187.9878	80.32	31	NAN	NAN	NAN	NAN	23.88026	30.66125	68.529	NAN	NAN	NAN	NAN	NAN	12.04614	NAN	2.4245	-2.073	193.36	0.2868	1.860152	NAN
1994	NAN	219.4362	257.0673	NAN	48	NAN	NAN	NAN	NAN			66.166	NAN	NAN	NAN	0.8897967	26.04983	18.20267	NAN	2.976	-1.523	1563.9	0.2999	1.978313	NAN
1995	173.02	215.1269	229.0751	82.8448869	71	10912	NAN	358.5	875.92	24.0075	29.17918	66.52	55.92	13.4414	21.04	0.7246029	26.02959	11.71402	0.826895	2.048214	-1.173	138.62	0.5358	1.735172	NAN
1996	213.92	248.6366	316.5266	64.8785051	99	13368	NAN	307.34	1247.6	24.73374	29.94288	32.558	54.47	11.498	16.11	0.6800966	26.00976	16.37874	0.83186	2.738148	-0.923	87.534	0.1611	4.784847	NAN
1997	193	237.2156	307.4956	53.4554027	146	12101	NAN	128.85	1257.5	24.84352	29.80167	35.85	57.16	12.8003	19.08	0.6426408	26.44078	23.23776	0.802049	2.996296	-0.473	146.64	0.396	2.906094	7038
1998	238.38	343.3352	403.1423	74.4175521	209	15707	NAN	39.89	1883.7	24.34574	29.63506	59.866	54.83	12.0783	14.73	0.5993151	25.67582	22.58465	0.776629	2.437083	-0.063	284.31	0.3068	0.41271	10182.4
1999	268.4	395.9192	445.6688	72.1962047	258	17607	NAN	165.63	3010.2	24.15896	29.40864	64.133	55.54	13.2447	16.90	0.6255354	25.4562	26.92315	0.749408	3.743571	-0.504	159.96	1.3907	1.672614	12865.2
2000	233.36	396.9272	484.2151	71.9951789	242	15893	NAN	280.34	0	24.72318	29.80938	76.288	55.34	17.0605	19.79	0.5782558	25.56624	36.70458	0.780617	3.79	0.0713	32.375	0.7869	11.43957	5282.8
2001	183.32	443.5153	545.7692	126.031505	221	14476	NAN	174.9	1184.1	24.22863	29.27047	73.28	55.42	19.0507	19.56	0.6310519	25.14556	32.11821	0.791542	2.618125	-0.552	15.994	1.5792	3.659454	5155
2002	161.4	577.8987	616.6088	111.149159	192	14133	980	134.00	399.17	24.44482	29.01406	57.301	53.15	14.1673	13.43	0.6973723	25.60901	25.13581	0.780038	2.737778	-0.091	49.85	0.316	3.875452	2265.1
2003	204.4155	726.8532	639.7689	104.479345	265	16916	196	576.74	1411.1	24.26434	29.09167	100.65	53.65	9.82933	10.91	0.7251795	25.68051	26.44734	0.836181	1.39	-1.302	2.698	1.0255	6.690889	2950.9
2004	353.7	823.524	666.1953	78.0041923	263	26856	316	354.09	839.46	24.11493	29.39879	57.455	55.75	6.68748	9.48	0.8013584	25.41152	25.47267	0.799207	1.751176	-0.432	5.9286	0.6415	3.436608	1221.2
2005	312.9	740.8315	607.0912	83.0113279	364	18587	198	187.02	4502.5	23.63182	29.53991	99.049	59.49	8.13611	13.05	0.6635234	25.72156	29.51574	0.72517	3.027	0.4658	99.407	0.2488	13.99674	1613
2006	275.2	796.7489	741.7105	75.8629544	296	16289	61	121.3	0	23.4166	29.4066	77.4674	63.23	10.551	13.57	0.5538905	25.9628	29.21892	0.752791	3.497	1.0301	5.7774	0.7953	18.92322	3491.5
2007	261.2	730.8579	634.5477	66.3	389	16346	194	39	0	23.68987	29.0965	51.641	66.04	11.9226	12.2844	0.4544831	25.70278	19.92334	0.732843	2.251356	-0.727	8.4538	0.2914	7.769687	6522.8
2008	226.1	691.6259	670.275	72.3388063	423	12119	484.11	134.72	1046.2	23.84629	28.57406	92.81641	61.52	13.9822	20.4992	0.5217479	24.97556	23.37573	0.727469	2.0	0.0303	1.3621	1.2415	6.509835	7675.3
2009	333.1	783.2105	815.8347	91.6973175	289	24854	616	304.05	463	24.21805	29.1375	55.347	58.03	7.65453	9.62078	0.646421	25.27777	29.9886	0.767134	2.804255	-0.613	0.2059	0.5659	5.42139	NAN

Table 4. Set statistics from DFO-industry survey CK0901 conducted by MV Cody & Kathryn from 3-13 June 2009.
Tableau 4. Statistiques sur les traits du relevé CK0901 mené par le MPO et l'industrie au moyen du Cody & Kathryn du 3 au 13 juin 2009.

SET	SFA	DATE	LAT.	LONG.	SPEED (kts)	DIST. (n. m.)	DUR. (min)	WING. (m)	DEPTH (fth)	TEMP (°C)	RAW CATCH	stand. catch (kg)	DENSITY (gm/m² or m.t./km2)
1	15	03-Jun-2009	4452°56.00	6103°89.00	2.4	1.05	27	*17.70*	113	3.2	0182	213.4	5.3
2	15	03-Jun-2009	4446°84.00	6056°12.00	2.3	1.17	30	*17.70*	122	3.0	1351	1422.2	35.3
3	15	03-Jun-2009	4452°58.00	6050°60.00	2.4	1.16	30	17.20	108	2.5	0289	314.5	7.8
4	15	03-Jun-2009	4454°02.00	6046°52.00	2.3	1.18	30	17.20	118	2.7	0622	664.4	16.5
5	15	03-Jun-2009	4457°72.00	6047°30.00	2.5	1.29	30	17.57	107	2.3	0244	234.7	5.8
6	15	04-Jun-2009	4449°03.00	6044°80.00	2.4	1.15	30	17.68	134	2.8	0207	221.1	5.5
7	15	04-Jun-2009	4450°23.00	6040°60.00	2.3	1.12	30	17.87	143	2.4	0259	282.3	7.0
8	15	04-Jun-2009	4447°72.00	6036°40.00	2.2	1.10	30	17.97	140	2.5	0323	354.8	8.8
9	15	04-Jun-2009	4452°77.00	6032°35.00	2.7	1.29	30	17.61	107	2.7	0132	126.2	3.1
10	15	04-Jun-2009	4454°77.00	6026°33.00	2.4	1.30	30	17.99	134	3.0	0259	241.0	6.0
11	15	04-Jun-2009	4456°07.00	6014°52.00	2.4	1.18	30	17.26	106	3.0	0117	124.5	3.1
12	15	04-Jun-2009	4450°99.00	6012°92.00	2.2	1.07	30	17.34	156	3.1	0086	101.4	2.5
13	15	04-Jun-2009	4446°24.00	6018°79.00	2.4	1.09	30	*17.70*	168	3.1	0054	61.0	1.5
14	14	05-Jun-2009	4438°45.00	5902°47.00	2.2	1.10	30	17.28	111	1.3	0507	579.0	14.4
15	14	05-Jun-2009	4447°38.00	5853°93.00	2.3	1.12	30	18.02	144	1.4	0442	476.8	**11.8**
16	14	05-Jun-2009	4447°75.00	5839°46.00	2.4	1.19	30	18.20	137	1.6	0828	833.8	20.7
17	14	05-Jun-2009	4450°42.00	5833°10.00	2.4	1.20	30	18.36	137	1.7	0644	635.7	15.8
18	14	05-Jun-2009	4455°26.00	5820°32.00	2.4	1.23	30	*17.70*	127	2.3	1173	1175.3	29.2
19	14	05-Jun-2009	4455°43.00	5843°32.00	2.3	1.14	30	18.32	141	1.6	0242	252.2	6.3
20	14	06-Jun-2009	4451°50.00	5903°41.00	2.3	1.19	30	18.03	122	1.3	0411	416.4	10.3
21	14	06-Jun-2009	4447°83.00	5911°41.00	2.2	1.13	30	*17.70*	122	1.3	0872	945.8	23.5
22	14	06-Jun-2009	4450°46.00	5928°10.00	2.3	1.12	30	17.50	135	2.8	0701	781.2	19.4
23	14	06-Jun-2009	4441°40.00	5934°11.00	2.4	1.20	30	17.30	116	3.5	0720	757.0	18.8
24	14	06-Jun-2009	4441°90.00	5946°36.00	2.1	1.04	30	17.46	138	3.7	0533	638.2	15.8
25	17	07-Jun-2009	4522°35.00	6101°36.00	2.2	1.12	30	16.70	059	1.1	0298	346.5	8.6
26	17	07-Jun-2009	4523°74.00	6043°14.00	2.2	1.12	30	16.92	079	1.6	0249	286.3	7.1
27	17	07-Jun-2009	4528°69.00	6034°90.00	2.3	1.14	30	17.78	091	1.6	0287	307.2	7.6
28	17	07-Jun-2009	4526°22.00	6029°66.00	2.3	1.10	30	17.58	102	1.7	0181	204.6	5.1
29	17	07-Jun-2009	4533°42.00	6023°17.00	2.3	1.16	30	17.01	096	1.9	0980	1084.6	26.9
30	17	07-Jun-2009	4533°57.00	6009°16.00	2.3	1.11	30	17.71	097	1.8	0296	326.6	8.1
31	17	07-Jun-2009	4532°18.00	6003°25.00	2.3	1.15	30	17.53	095	1.9	0244	263.0	6.5
32	17	08-Jun-2009	4529°72.00	6016°17.00	2.3	1.13	30	17.64	097	1.9	0280	305.5	7.6
33	17	08-Jun-2009	4526°31.00	6007°18.00	2.1	1.04	30	17.07	091	1.9	0420	513.6	12.8
34	17	08-Jun-2009	4524°10.00	5958°13.00	2.3	1.13	30	17.64	092	1.7	0115	124.7	3.1
35	17	08-Jun-2009	4520°75.00	5956°47.00	2.3	1.12	30	17.25	087	1.7	0214	240.4	6.0
36	17	08-Jun-2009	4514°23.00	5956°65.00	2.1	1.04	30	17.04	096	1.8	0424	519.3	12.9
37	17	08-Jun-2009	4518°29.00	5944°28.00	2.3	1.16	30	16.62	072	1.6	0002	2.6	0.1
38	17	08-Jun-2009	4526°54.00	5942°29.00	2.4	1.05	30	*17.70*	074	1.5	0015	16.9	0.4
39	13	10-Jun-2009	4546°06.00	5859°71.00	2.1	1.04	30	17.95	127	3.5	0034	39.2	1.0
40	13	10-Jun-2009	4549°36.00	5856°38.00	2.4	1.22	30	18.14	118	3.6	0073	71.5	1.8
41	13	10-Jun-2009	4547°31.00	5848°96.00	2.2	1.13	30	18.17	143	3.8	0047	49.8	1.2
42	13	10-Jun-2009	4549°75.00	5841°43.00	2.2	1.14	30	18.20	140	3.7	0173	181.9	4.5
43	13	10-Jun-2009	4548°41.00	5832°24.00	2.3	1.18	30	18.54	161	3.6	0542	540.2	13.4
44	13	10-Jun-2009	4544°23.00	5836°55.00	2.2	1.06	30	18.05	134	3.4	0118	134.4	3.3
45	13	10-Jun-2009	4541°25.00	5841°18.00	2.3	1.17	30	17.88	122	3.2	0169	176.2	4.4
46	13	10-Jun-2009	4540°88.00	5852°32.00	2.3	1.20	30	18.07	125	3.3	0090	89.9	2.2
47	13	10-Jun-2009	4536°33.00	5854°16.00	2.3	1.14	30	18.34	124	3.1	0130	135.9	3.4
48	13	11-Jun-2009	4532°80.00	5823°00.00	2.3	1.24	30	18.16	170	2.7	0198	191.0	4.7
49	13	11-Jun-2009	4538°60.00	5813°27.00	2.1	1.09	30	17.39	196	2.7	0111	127.1	3.2
50	13	11-Jun-2009	4538°89.00	5822°34.00	2.2	1.08	30	18.05	188	2.9	0050	56.3	1.4
51	13	11-Jun-2009	4542°11.00	5825°93.00	2.2	1.12	30	17.31	207	3.2	0101	112.6	2.8
52	13	11-Jun-2009	4536°57.00	5836°13.00	2.2	1.10	30	17.57	155	3.0	0248	278.2	6.9
53	13	11-Jun-2009	4537°64.00	5903°55.00	2.3	1.17	30	18.00	144	3.3	0128	132.2	3.3
54	17	12-Jun-2009	4535°02.00	6001°92.00	2.2	1.09	30	17.57	091	1.8	0301	341.8	8.5
55	14	12-Jun-2009	4454°15.00	5958°68.00	2.2	1.11	30	18.63	105	3.4	0165	172.9	4.3
56	14	12-Jun-2009	4451°15.00	5942°24.00	2.3	1.19	30	17.72	118	3.2	0184	190.6	4.7
57	14	13-Jun-2009	4446°27.00	5958°61.00	2.3	1.17	30	18.16	123	3.7	0164	167.5	4.2
58	14	13-Jun-2009	4441°26.00	6000°18.00	2.3	1.18	30	17.78	113	3.7	0155	161.1	4.0
59	15	13-Jun-2009	4442°79.00	6010°14.00	2.3	1.17	30	17.57	114	3.5	0079	84.2	2.1
60	15	13-Jun-2009	4440°71.00	6018°70.00	2.5	1.21	30	18.14	135	2.9	0167	165.3	4.1

Table 5. Minimum survey population numbers at age from modal analysis. Numbers x 10-6.

	95	96	97	98	99	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	Average
1[4]								980	196	316	198	61	194	484	567	374.51
2	359	307	129	40	166	280	175	134	616	354	187	121	39	114	304	221.60
3	1046	276	1159	785	27	757	362	383	312	3118	652	880	506	396	267	728.45
4	876	1248	1257	1884	3010	0[3]	1184	399	1506	839	4502	0[3]	0[3]	1190	463	1530.00
5+	1702	2162	1539	2047	1952	3374	2110	1847	1727	3324	2224	5106	5506	3017	6020	2910.47
TOTAL	3983	3993	4084	4755	5155	4412	3831	2763	4161	7636	7763	6169	6244	5201	7622	5184.80
4+ males[1]	1369	1971	1578	2243	3235	1784	1771	938	1526	1549	4956	3916	2804	3317	4263	2481.32
primiparous[2]	649	777	709	889	736	728	817	678	551	870	786	771	1739	892	1492	872.31
multiparous	560	661	509	647	991	863	706	630	1188	1698	1183	480	1157	482	1295	869.91
total females	1209	1438	1218	1535	1727	1591	1523	1308	1739	2568	1969	1251	2896	1374	2787	1742.22

[1] total population less ages 2,3 males, transitionals and females
i.e. males that will potentially change to females the following year

[2] includes transitionals

[3] 4 year olds of the 1996 and 2002, 2003 yc were not distinguishable in the MIX analysis.
these yc appear to be small and are contained in the age 3 or 5+ categories

[4] belly bag

Tableau 5. Effectifs minimums de la population selon l'âge d'après l'analyse modale. Nombre x 10^6.

	95	96	97	98	99	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	Moyenne
1[4]								980	196	316	198	61	194	484	567	374,51
2	359	307	129	40	166	280	175	134	616	354	187	121	39	114	304	221,60
3	1 046	276	1159	785	27	757	362	383	312	3118	652	880	506	396	267	728,45
4	876	1248	1257	1884	3010	0[3]	1184	399	1506	839	4502	0[3]	0[3]	1190	463	1 530,00
5+	1702	2162	1539	2047	1952	3374	2110	1847	1727	3324	2224	5106	5506	3017	6020	2 910,47
TOTAL	3983	3993	4084	4755	5155	4412	3831	2763	4161	7636	7763	6169	6244	5201	7622	5 184,80
mâles 4+[1]	1369	1971	1578	2243	3235	1784	1771	938	1526	1549	4956	3916	2804	3317	4263	2 481,32
primipares[2]	649	777	709	889	736	728	817	678	551	870	786	771	1739	892	1492	872,31
multipares	560	661	509	647	991	863	706	630	1188	1698	1183	480	1157	482	1295	869,91
total femelles	1209	1438	1218	1535	1727	1591	1523	1308	1739	2568	1969	1251	2896	1374	2787	1 742,22

[1] Population totale moins les mâles d'âge 2 et 3, les individus en transition et les femelles
c.-à-d. les mâles qui deviendront des femelles l'année suivante

[2] Inclut les individus en transition

[3] Individus de 4 ans des classes d'âge 1996 et 2002. Impossibilité de distinguer la classe d'âge 2003 dans l'analyse MIX.
Ces classes d'âge semblent petites et sont incluses dans les catégories d'âge 3 ou 5+ ans.

[4] Sac ventral

Table 6. Survey biomasses, commercial shrimp catches, and exploitation rates (catch/biomass) by survey strata (13-15, offshore part), and the inshore area (17), 1995-2009.
Tableau 6. Biomasse de relevé, prises de la pêche commerciales et taux d'exploitation (prises/biomasse) selon les strates de relevé (13-15, eaux hauturières) et la zone côtière (17), 1995-2009.

		1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	Moyenne
	13	4838	6838	5921	7188	9517	5866	4089	3114	7047	12184	9687	6129	7507	4144	6208	6719
Biomass/	14	9068	12094	9472	11279	11040	9364	12325	12020	12035	20228	20035	18929	15957	12710	20544	13325
Biomasse	15	5300	6610	4737	4549	7807	7268	2073	2766	3751	4399	4378	5130	5345	4227	7235	4881
	17	4415	3663	6221	9530	8262	9365	6541	2872	5296	11627	10333	7581	9622	9823	11438	7511
	Total	**23621**	**29205**	**26351**	**32546**	**36626**	**31863**	**25028**	**20773**	**28130**	**48438**	**44433**	**37769**	**38431**	**30904**	**45424**	**32437**
	13	168	55	570	514	612	301	588	254	581	2003	1186	629	235	212	11	528
Catch/	14	2265	2299	2422	2012	1503	2009	1616	1553	1622	754	1441	1996	2518	2697	2453	1944
Prises	15	715	817	583	618	589	1609	1132	265	225	339	600	445	668	534	231	625
	17	0	0	0	787	2121	1498	1629	873	330	143	389	915	1161	879	781	767
	Total	**3148**	**3171**	**3575**	**3931**	**4825**	**5417**	**4965**	**2945**	**2758**	**3239**	**3616**	**3985**	**4582**	**4321**	**3477**	**3864**
	13	3,5	0,9	9,1	7,2	6,5	5,1	13,8	8,2	8,3	16,4	12,2	10,3	3,1	5,1	0,2	7,3
Exploitation	14	25,2	20,1	24,1	17,8	13,7	21,5	12,6	12,9	13,5	3,7	7,2	10,5	15,8	21,2	11,9	15,5
	15	13,6	13,1	11,6	13,6	7,6	22,2	52,4	9,6	6,0	7,7	13,7	8,7	12,5	12,6	3,2	13,9
	17	0,0	0,0	0,0	8,3	25,8	16,1	23,9	30,4	6,2	1,2	3,8	12,1	12,1	8,9	6,8	10,4
	Total	**13,4**	**11,5**	**12,8**	**12,1**	**13,2**	**17,1**	**19,1**	**14,2**	**9,8**	**6,7**	**8,1**	**10,6**	**11,9**	**14,0**	**7,7**	**12,1**

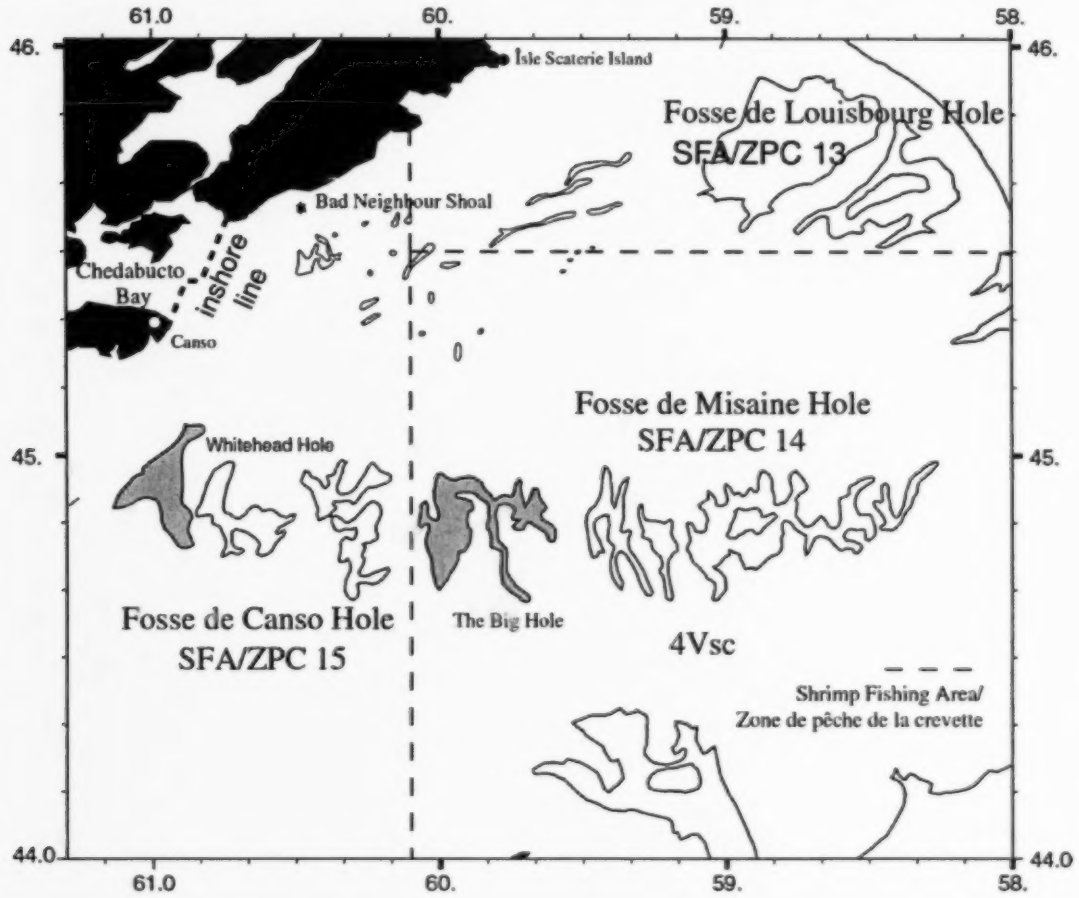


Figure 1. Shrimp Fishing Areas (SFAs) on the eastern Scotian Shelf. The inshore line prohibits trawlers from fishing inside Chedebucto Bay during the trapping season (fall to spring). Note the distinction between SFAs used to report catches and survey strata defined offshore (strata 13, 14, 15) by the 100 fathom contour (solid lines) and inshore (stratum 17) by the extent of LaHave clay north of 45°10' and west of 59 20' on surficial geology maps.

Figure 1. Zones de pêche de la crevette (ZPC) dans l'est du plateau néo-écossais. De l'automne au printemps, il est interdit aux chalutiers de pêcher au moyen de casier dans la baie Chedebucto à l'intérieur de la ligne de démarcation des eaux côtières. Il importe de noter la distinction entre les ZPC utilisées pour le compte rendu des prises et les strates de relevé hauturières (strates 13, 14 et 15) définies par l'isobathe de 100 brasses (lignes pleines) et la strate de relevé côtière (strate 17) définie par l'étendue de l'argile La Hève au nord de 45° 10' et à l'ouest de 59 20' sur la carte géologique des dépôts meubles.

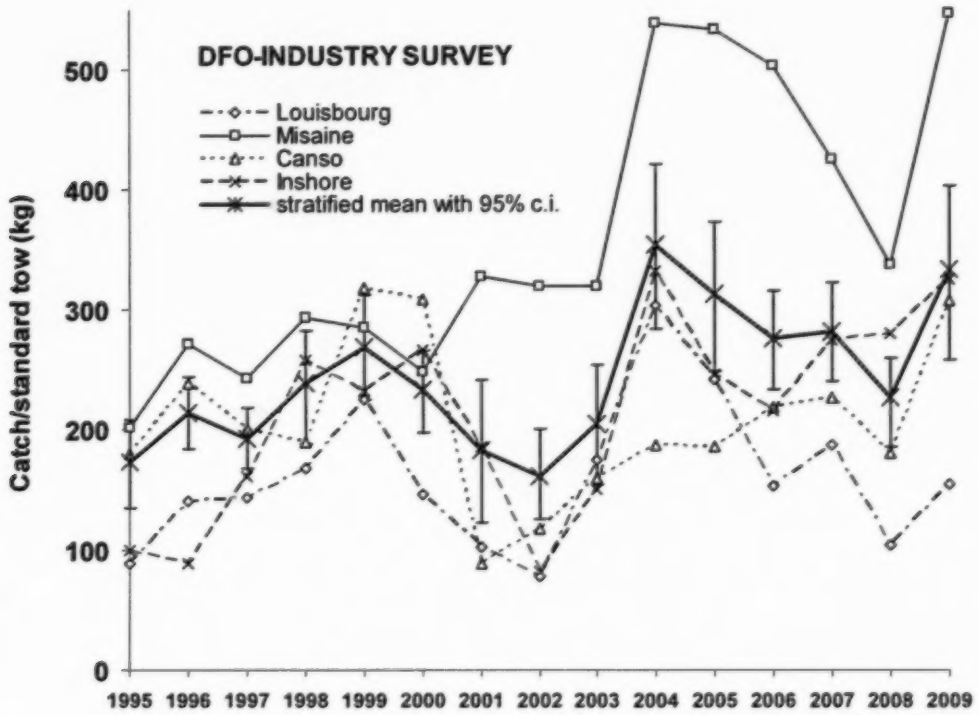
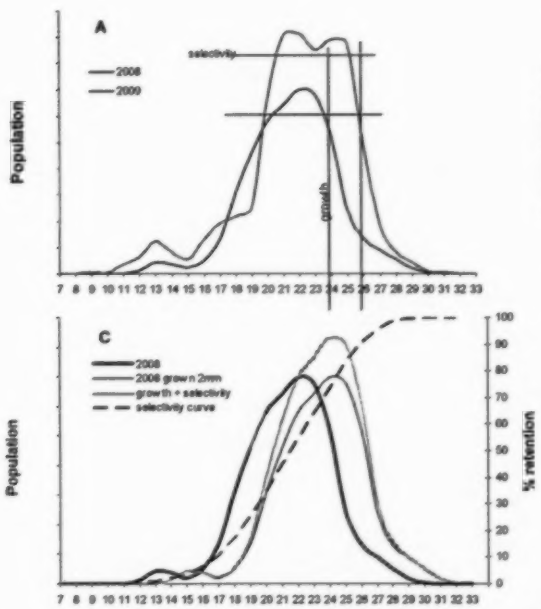
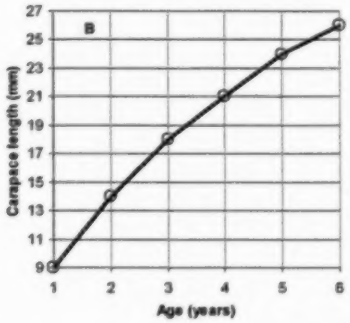


Figure 2. Stratified catch/standard tow for DFO-industry co-operative surveys, 1995-2009, and estimates for the individual strata, which approximately correspond to the main shrimp holes and Shrimp Fishing Areas (SFA). Stratum 13 - Louisbourg Hole et SFA 13; Stratum 14 - Misaine Hole et SFA 14; Stratum 15 - Canso Hole and the offshore part of SFA 15. The 'Inshore', or Stratum 17, is comprised of inshore parts of SFA 13-15.

Figure 2. Prises stratifiées/trait standard pour les relevés MPO-industrie effectués de 1995 à 2009 et estimations pour les strates individuelles, qui correspondent approximativement aux principales fosses à crevette et zones de pêche de la crevette (ZPC). Strate 13 – fosse de Louisbourg et ZPC 13; Strate 14 – fosse de Misaine et ZPC 14; Strate 15 – fosse de Canso et partie hauturière de la ZPC 15. Le secteur côtier ou strate 17 est constitué des parties côtières des ZPC 13 à 15.





D

	Biom.	Percent 7-21mm	22-33mm
2008	30904	35.2	64.8
2009	45424	24.9	75.1
change in biom.	14520	8.2	91.8
% change	47.0		
due to growth	7946		
due to selectivity	6305		
unaccounted	269	1.9	

Figure 3. A. Survey population estimates for 2008 and 2009 showing areas where growth and selectivity influence biomass estimates. B. Growth curve from Koeller (2006). C. Applying Growth and selectivity factors applied to 2008 survey population. D. Calculated biomass changes from C.

Figure 3. A. Estimations de population d'après les relevés de 2008 et 2009 montrant les points où la croissance et la sélectivité agissent sur les estimations de biomasse. B. Courbe de croissance d'après Koeller (2006). C. Application des facteurs de croissance et de sélectivité à la population de relevé de 2008. D. Changements calculés dans la biomasse d'après C.

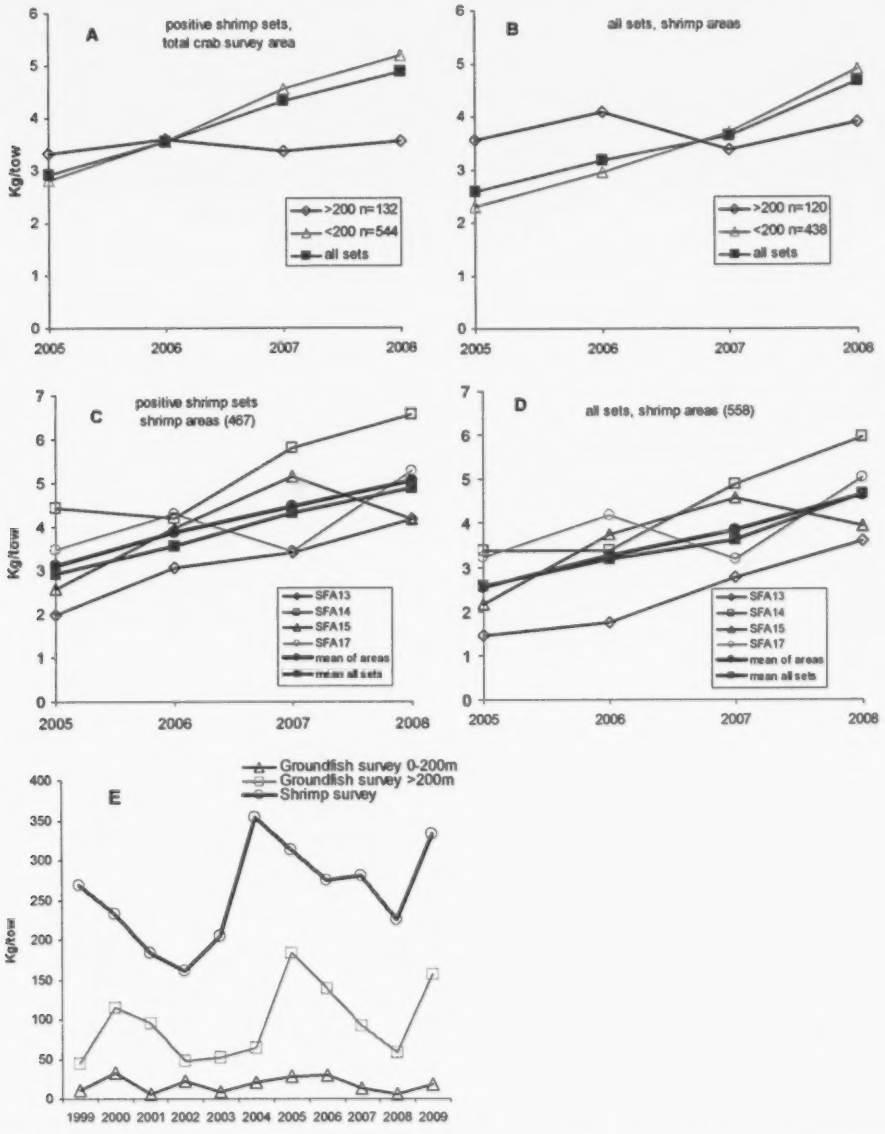


Figure 4. Survey indices from snow crab surveys using; (A) A. only sets with positive shrimp catches in the entire snow crab area; (B) all (including zero catches) sets in shrimp areas by depth; (C) positive shrimp sets in shrimp areas; (D) all (including zero catches) sets in shrimp areas; and (E) shrimp catches in groundfish survey strata 443-445 and 459 surrounding the shrimp grounds.

Figure 4. Indices de relevé d'après les relevés sur le crabe des neiges reposant (A) seulement sur les traits avec crevettes effectués dans l'ensemble de la zone de relevé sur le crabe; (B) sur tous les traits (y compris ceux avec prises nulles) effectués dans la zone de relevé sur la crevette selon la profondeur; (C) sur les traits avec crevettes effectués dans la zone de relevé sur la crevette; (D) sur tous les traits (y compris ceux avec prises nulles) effectués dans la zone de relevé sur la crevette; et (E) sur les prises de crevettes dans les strates 443 à 445 et 459 du relevé sur le poisson de fond à la périphérie des lieux de pêche de la crevette.

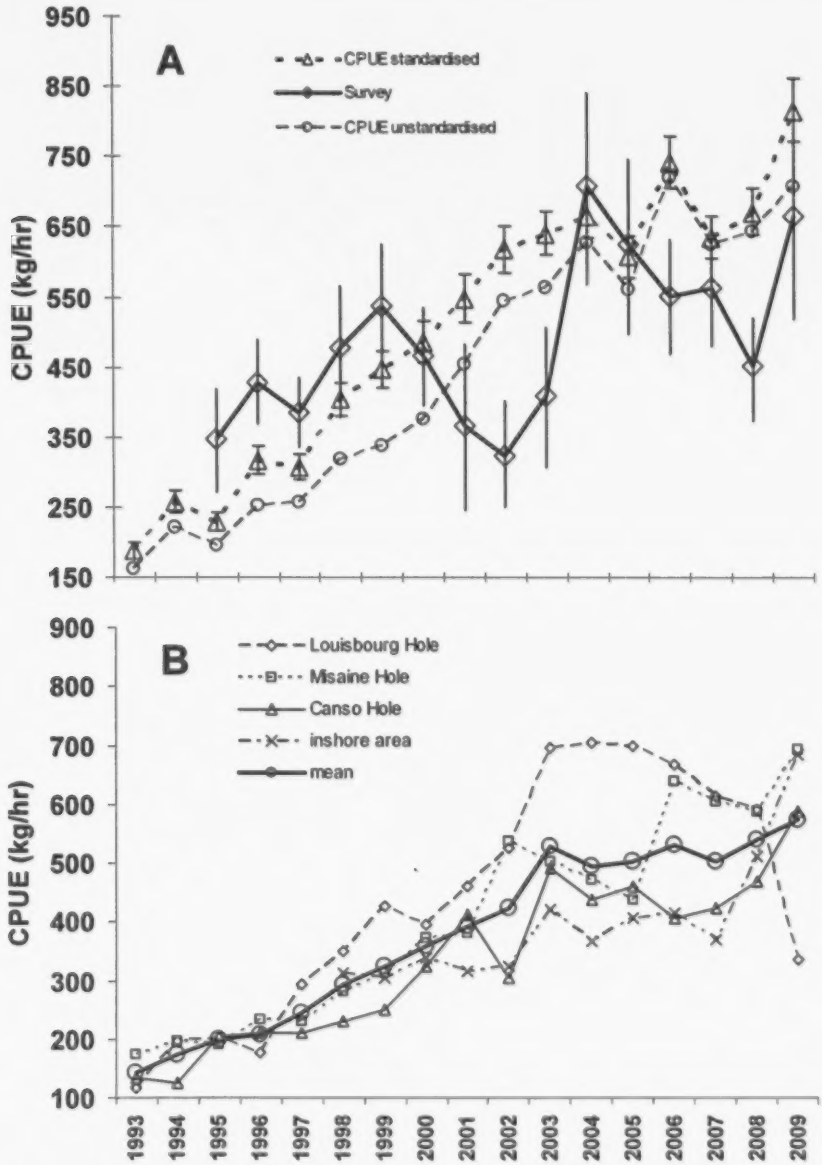


Figure 5. (A) Survey stratified estimate (solid line) and standardised catch per unit effort (CPUE) with 95% confidence intervals (dashed line), and (B) unstandardised commercial CPUE for each fishing area. Note that Shrimp Fishing Area (SFA) 15 includes the inshore, but the latter is also shown separately since fishing began there in 1998.

Figure 5. (A) Estimation stratifiée d'après le relevé (courbe pleine), prises normalisées par unité d'effort (PUE) et intervalle de confiance de 95 % (courbe tiretée) et (B) PUE non normalisées de la pêche commerciale pour chaque zone de pêche. Il est à noter que la ZPC 15 comprend le secteur côtier, mais ce dernier est aussi illustré séparément étant donné que la pêche y a débuté en 1998.

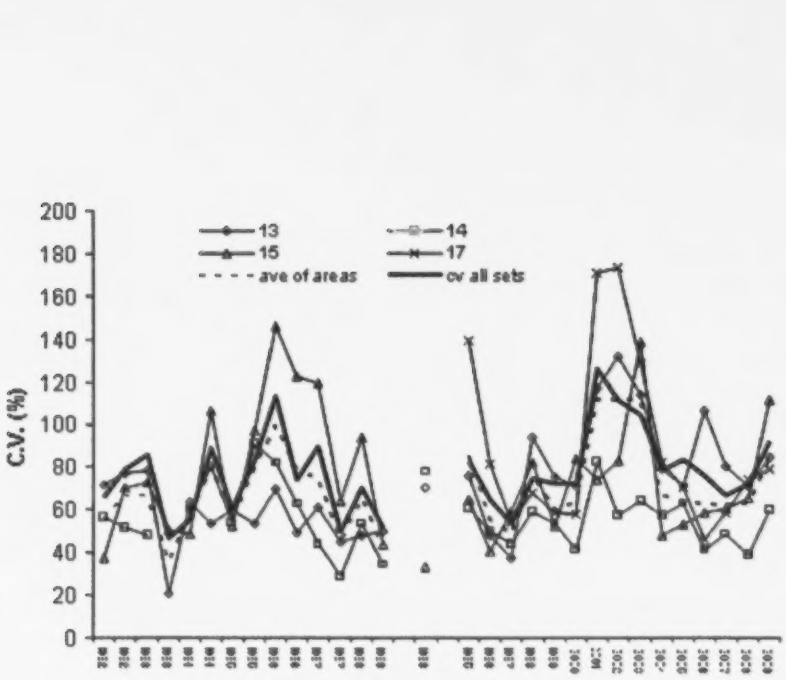


Figure 6. Coefficients of variation (CV) for shrimp survey strata 13, 14, 15, and 17. Note that the earlier survey series has 2 values per year, 1 for the spring and 1 for the fall survey.

Figure 6. Coefficients de variation (CV) pour les strates 13, 14, 15 et 17 de relevé sur la crevette. Il est à noter que deux valeurs par année sont données pour la première série de relevés, une pour le relevé de printemps et l'autre pour le relevé d'automne.

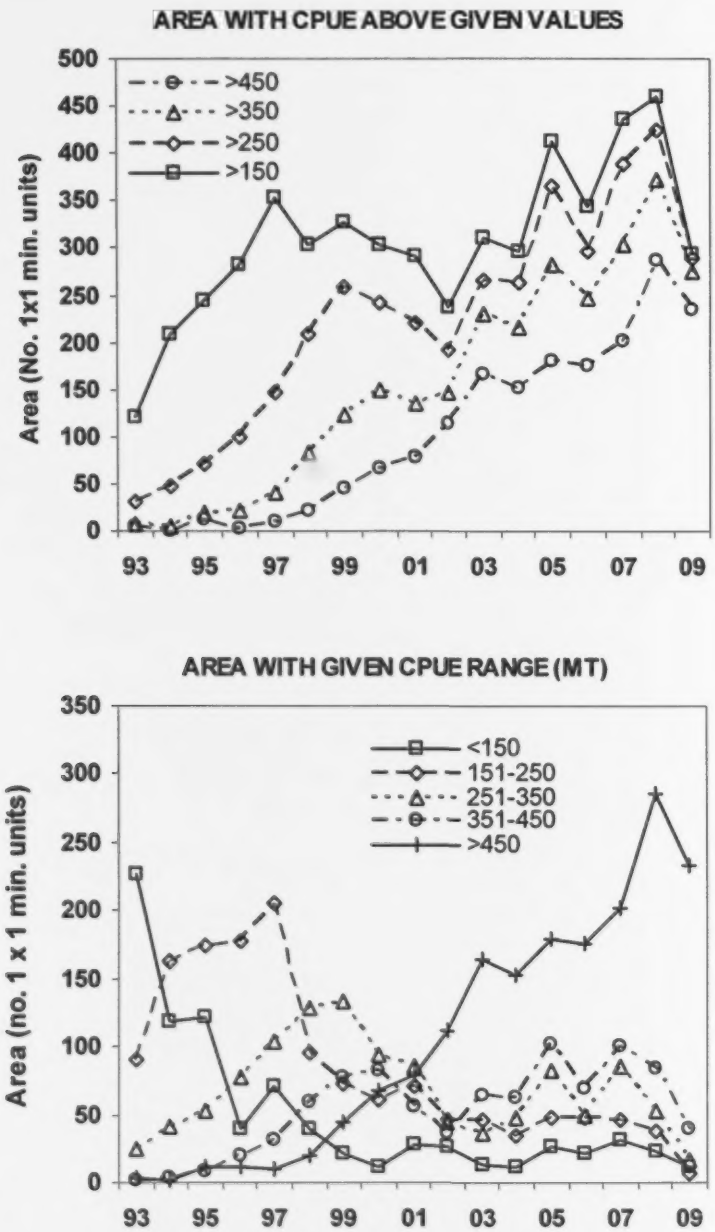


Figure 7. Number of 1 minute square unit areas fished by the shrimp fleet with mean catch rates above (top) and within (bottom) the values or ranges specified in the legend.

Figure 7. Nombre de carrés de 1 minute pêchés par la flottille de crevettiers montrant des taux de capture moyens se situant au-dessus (en haut) et dans les limites (en bas) des valeurs ou des gammes indiquées dans la légende.

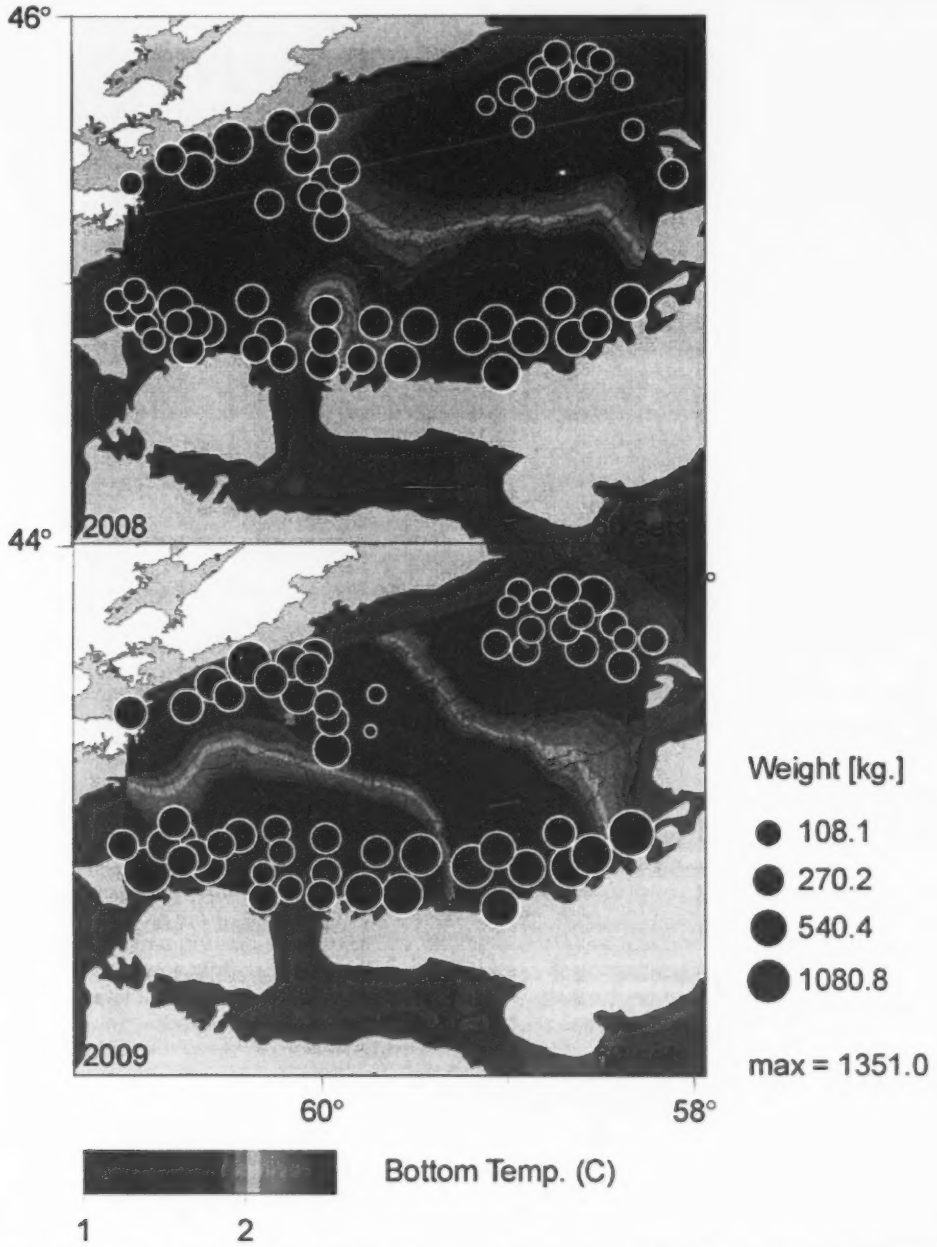


Figure 8. Distribution of catches (kg/standard 30 min tow) and bottom temperatures from DFO-industry surveys 2008-2009. See previous research documents for distributions prior to 2008.

Figure 8. Distribution des prises (kg/trait normalisé de 30 minutes) et température au fond lors des relevés menés conjointement par le MPO et l'industrie en 2008 et 2009. Voir les documents de recherche précédents pour la distribution avant 2008.

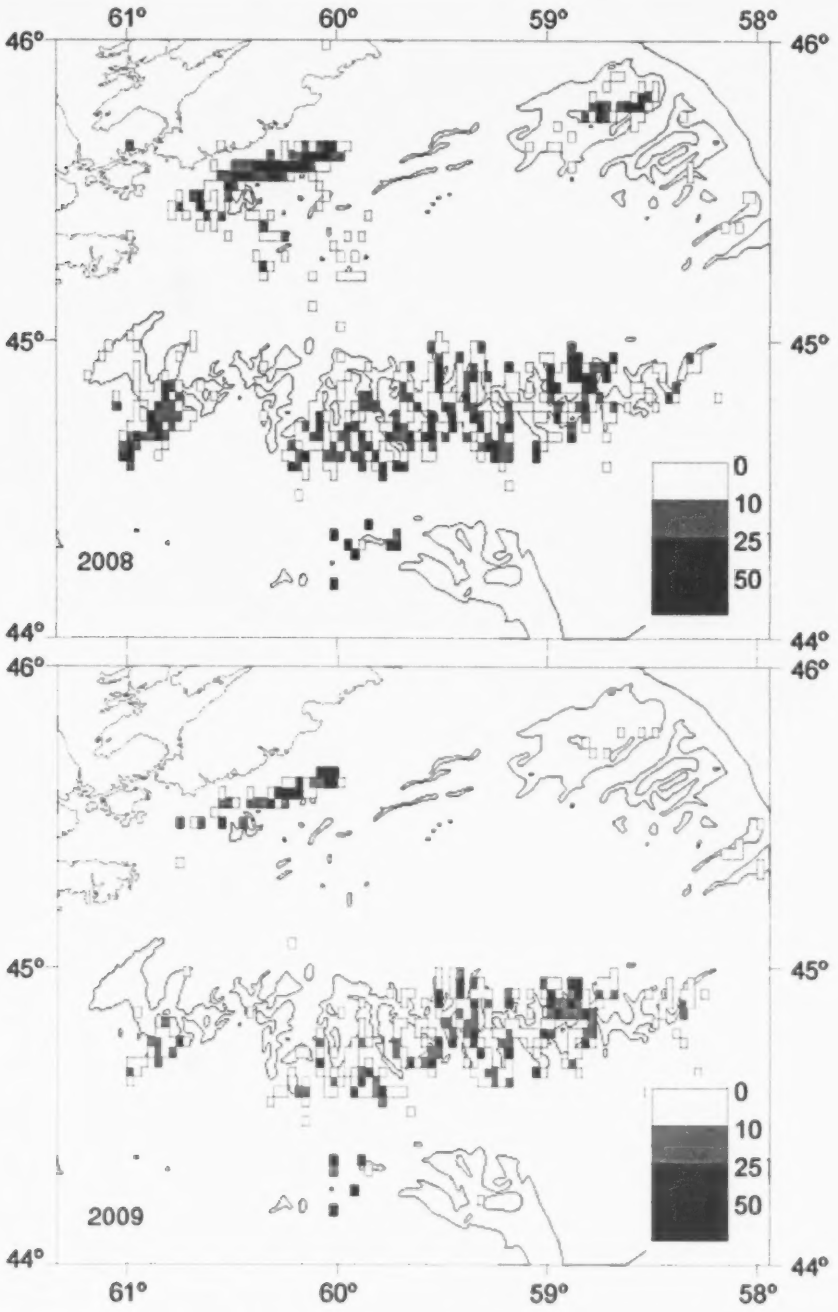


Figure 9. Annual effort by trawlers 2008-2009, cumulative by 1 minute squares. See previous research documents for effort distribution prior to 2008.

Figure 9. Effort annuel cumulatif par carré de 1 minute déployé par les chalutiers en 2008 et 2009. Voir les documents de recherche précédents pour la distribution de l'effort avant 2008.

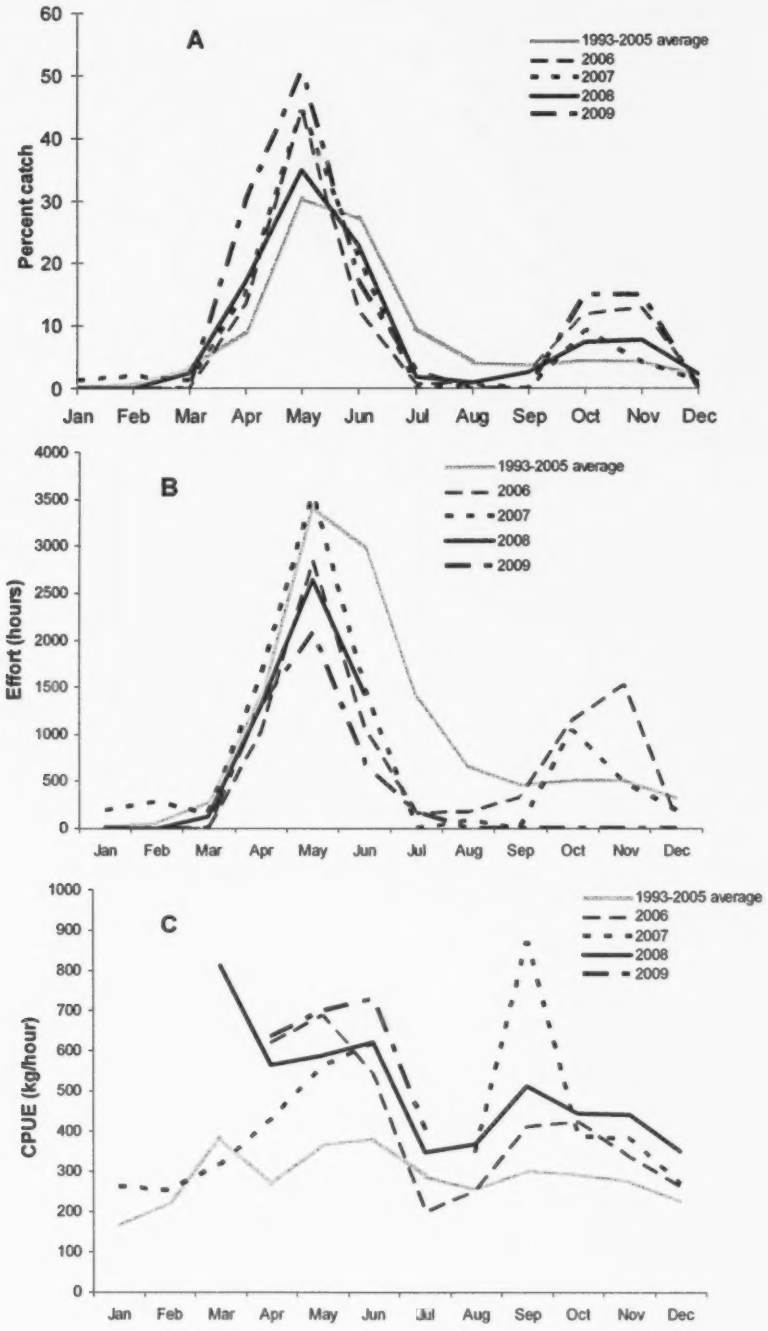


Figure 10. (A) Catches from the shrimp fishery as a percentage of the total catch, (B) average catches per unit effort (CPUEs), and (C) total effort, by month.

Figure 10. (A) Prises dans la pêche à la crevette en pourcentage du total des prises; (B) effort total par mois; et (C) prises moyennes par unité d'effort.

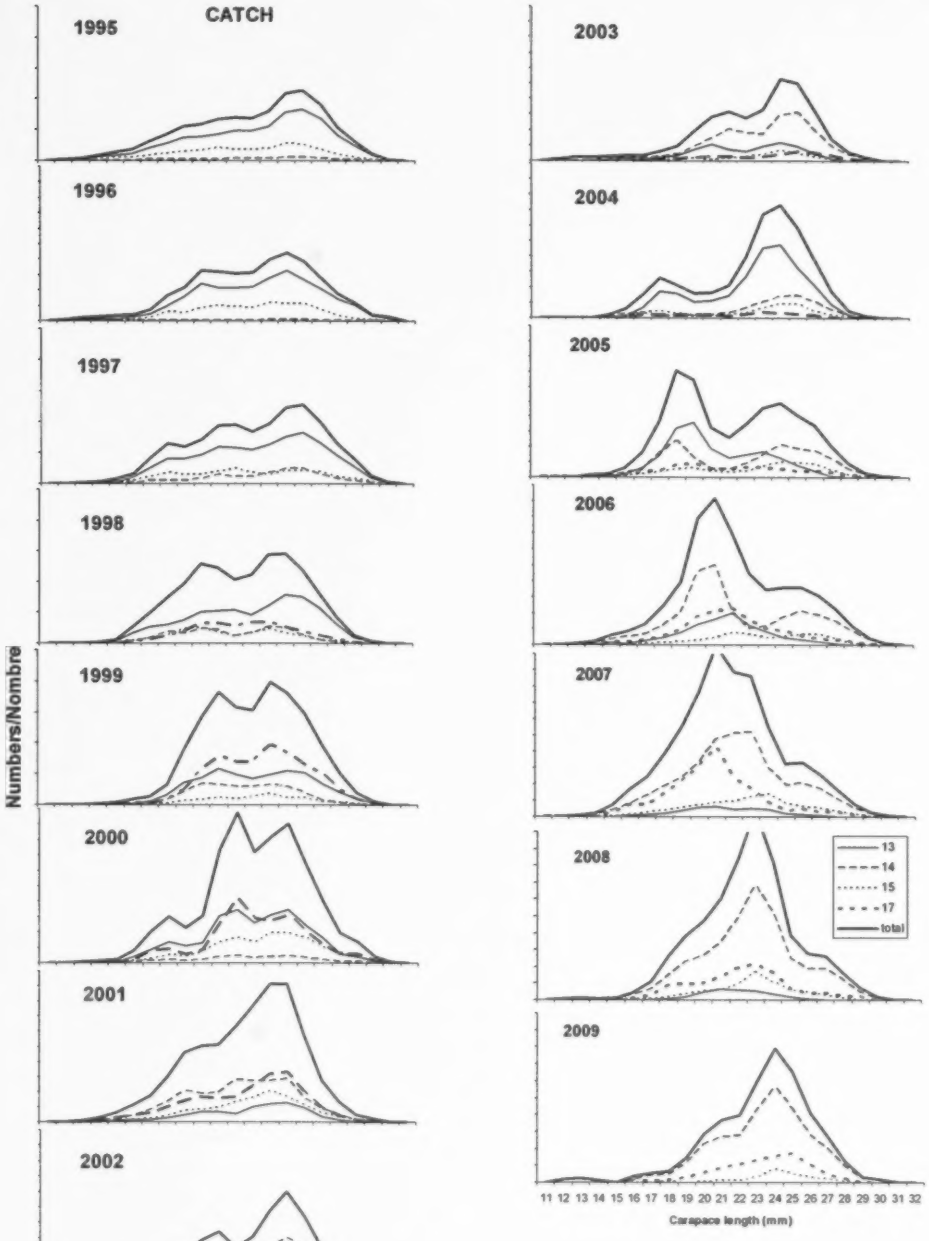


Figure 11. Catch at length from commercial sampling, 1995-2009.

Figure 11. Prises selon la longueur d'après l'échantillonnage des prises commerciales pour la période allant de 1995 à 2009.

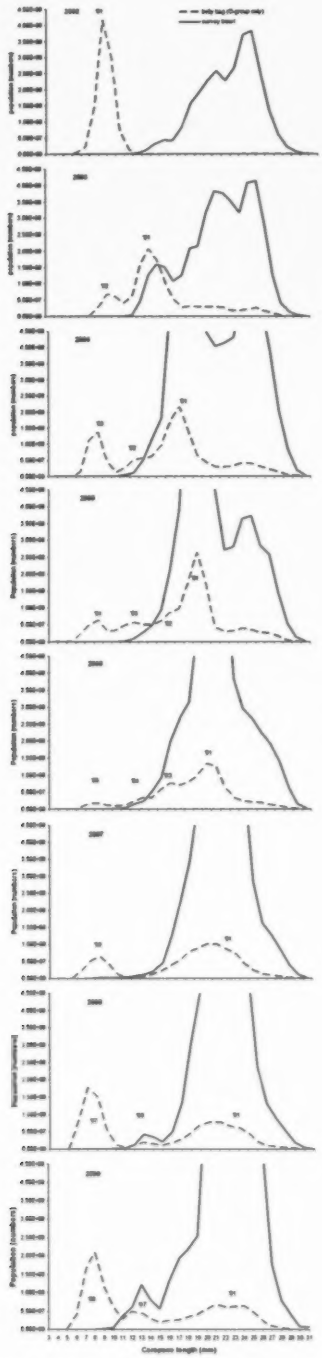


Figure 12. Population estimates from belly-bag and main trawl catches for the 2002-2009 survey. Note that the 2002 belly-bag estimate was made only for 1 year olds.

Figure 12. Estimations de population d'après les prises de relevé avec et sans sac ventral (2002-2009). L'estimation pour 2002 avec sac ventral ne porte que sur les crevettes d'un an.

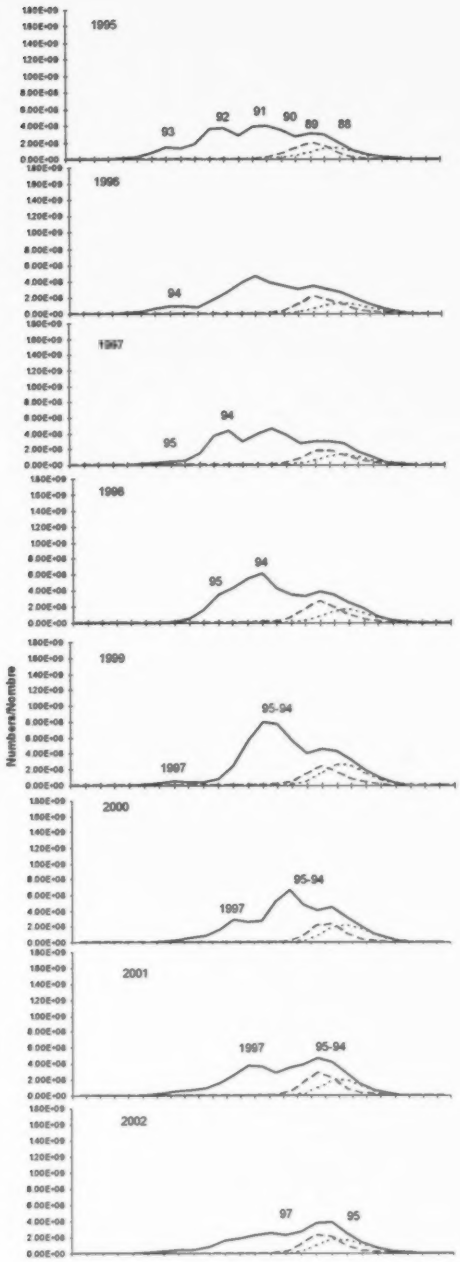


Figure 13. Population estimates at length from DFO-industry surveys 1995-2009. The heavy dotted line in each figure represents transitional and primiparous shrimp, and the stippled line represents multiparous shrimp.

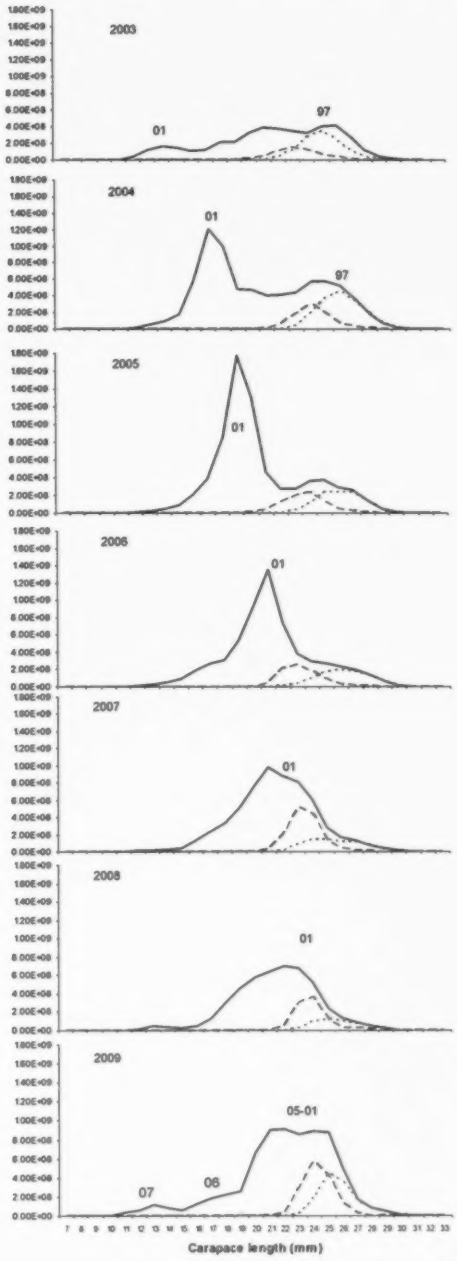


Figure 13. Estimations de population selon la longueur d'après les relevés MPO-industrie (1995-2009). La courbe pointillée dans chaque figure représente les crevettes en transition et les crevettes primipares et la courbe tiretée, les crevettes multipares.

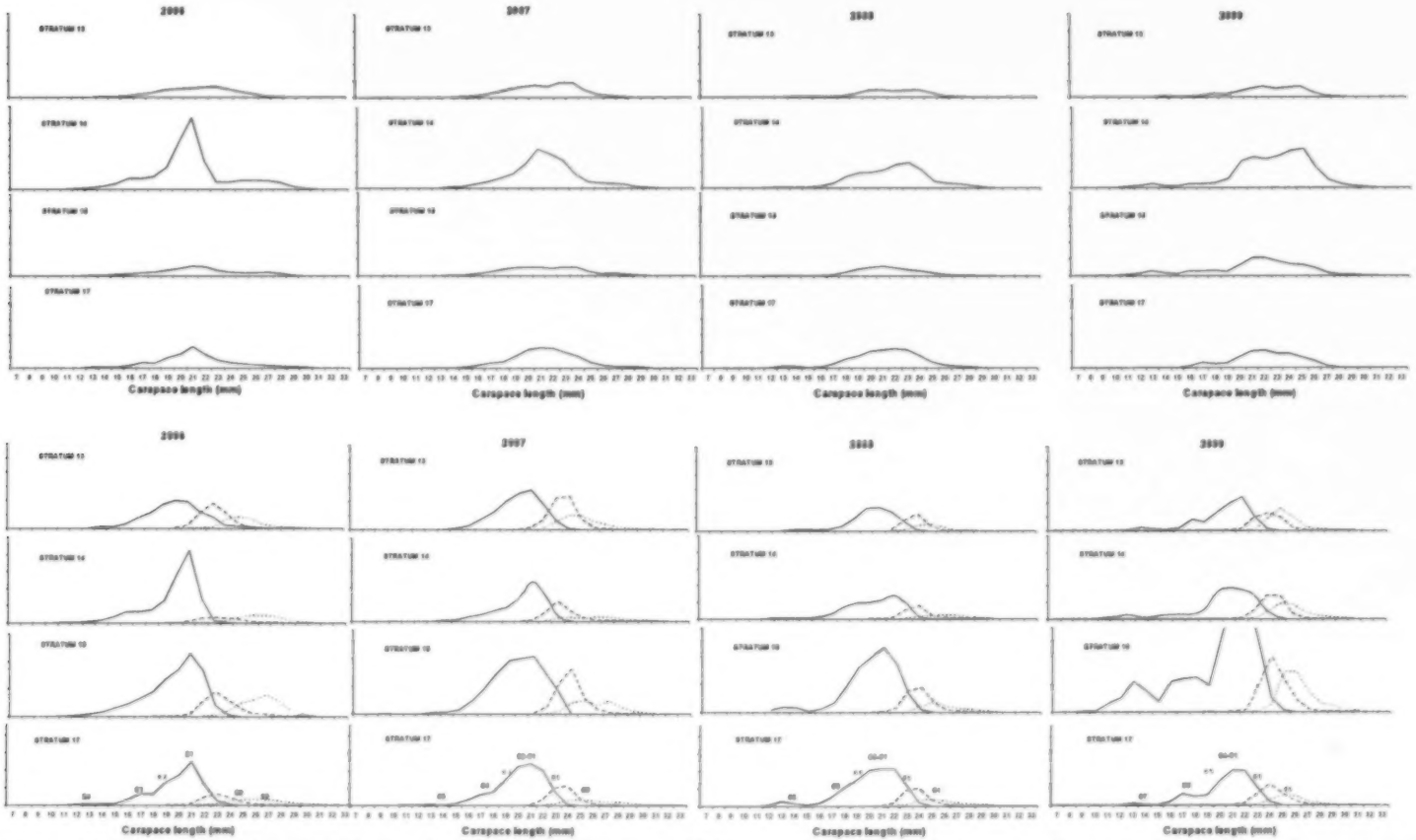


Figure 14. Population at length estimates by Shrimp Fishing Area (SFA) from the DFO-industry survey conducted in June, 2005 -2009. Top: all Y-axis scales same, total numbers only; bottom: scales same within SFAs, males (solid line), primiparous (dashed), and multiparous (dotted) females separated.

Figure 14. Estimations de population selon la longueur par zone de pêche de la crevette (ZPC) d'après les relevés MPO-industrie (2005-2009). En haut : l'échelle de l'axe Y est la même (nombre total seulement); en bas : l'échelle est la même pour les ZPC, mâles (courbe pleine), femelles primipares (courbe tiretée) et femelles multipares (courbe pointillée).

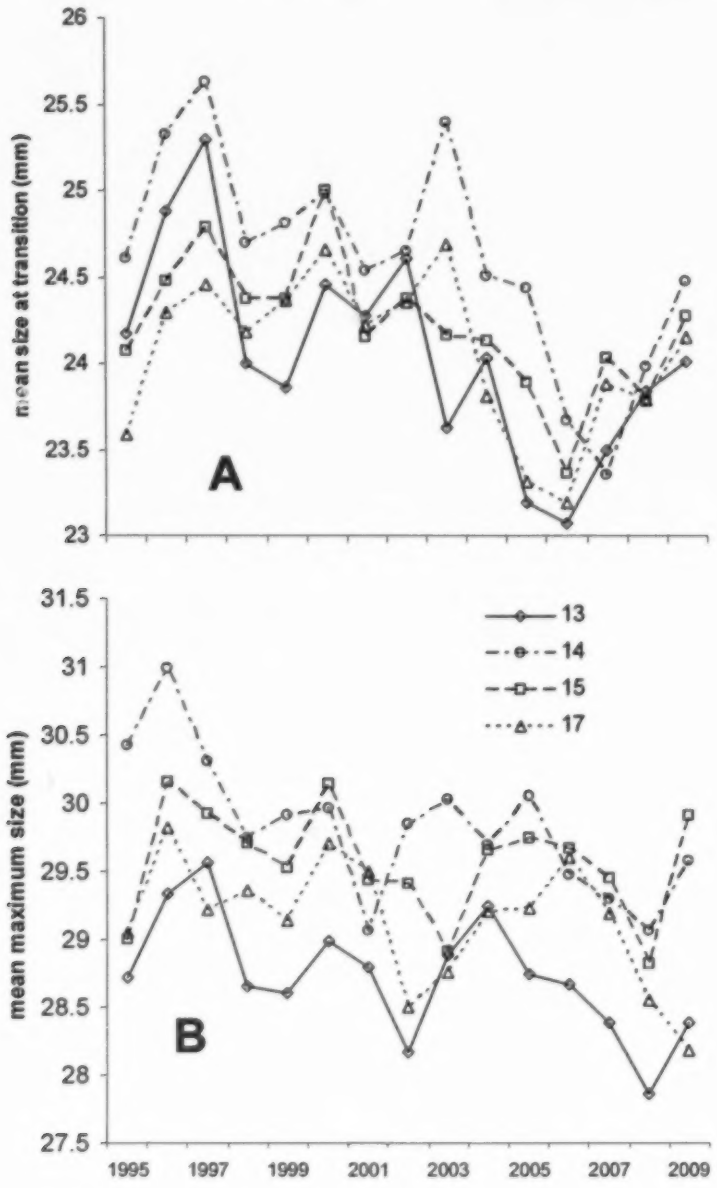


Figure 15. Average size at (A) sex transition, and (B) maximum size by Shrimp Fishing Area (SFA) for the DFO-industry surveys 1995-2009.

Figure 15. Longueur moyenne au changement de sexe (A) et longueur maximale moyenne (B) selon la zone de pêche de la crevette (ZPC) dans les relevés menés par le MPO et l'industrie de 1995 à 2009.

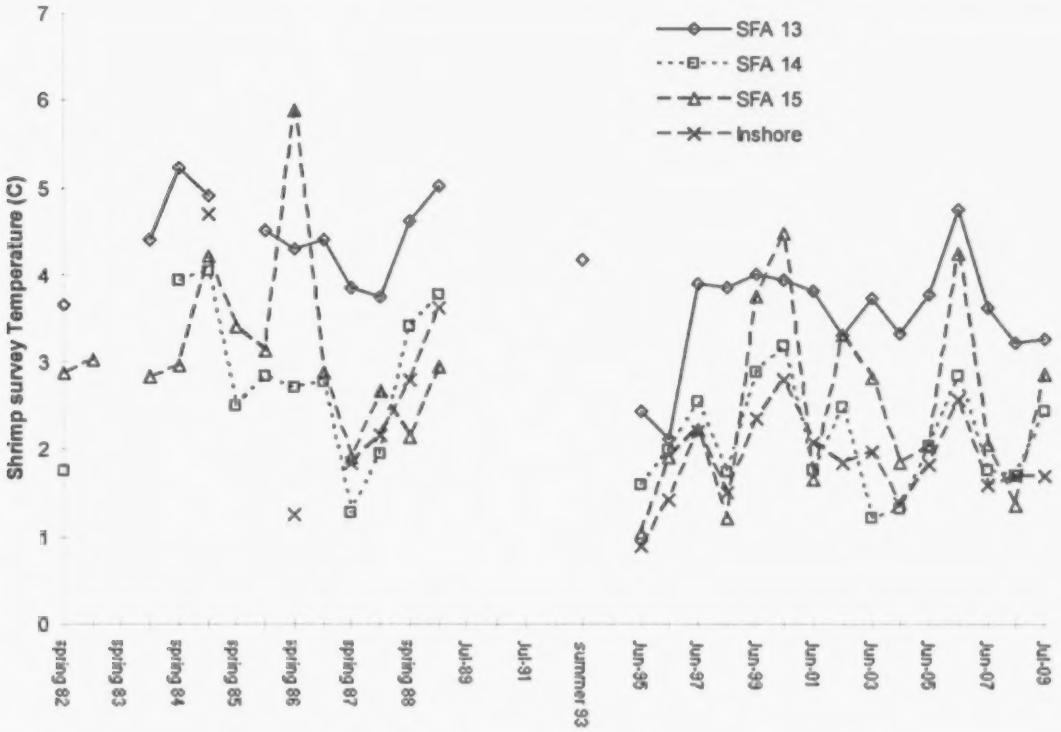


Figure 16. Mean bottom temperatures from shrimp surveys by Shrimp Fishing Area (SFA). Note that both spring and fall values were available from the earlier series (1982-1988), but only 1 survey (June) was conducted annually in the recent series.

Figure 16. Température moyenne au fond selon la zone de pêche de la crevette (ZPC) lors des relevés sur la crevette. Des données étaient disponibles pour le printemps et l'automne de 1982 à 1988, mais seul un relevé annuel a été effectué en juin dans les dernières années.

APPENDIX 1

Preliminary Results of a Generalized Surplus Production Model

Introduction

Surplus production models treat the population as an undifferentiated, aggregated biomass and are appealing for shrimp assessments because they circumvent the problem of age determination. Their use in northern shrimp (*P. borealis*) assessments is becoming more common (e.g. for Gulf of Maine, Greenland, and Icelandic stocks). They assume that the population, on average, produces more offspring than necessary to replenish itself and that fisheries can harvest this surplus indefinitely (i.e. sustainably). Additional assumptions include, that: abundance indices (e.g. commercial CPUE and survey) are proportional to true abundance (biomass); the stock reacts instantaneously to fishing; the population has stabilized (equilibrated) at the current rate of fishing; all losses other than fishing are due to natural mortality; there are no inter-specific interactions; the environment is constant (no affect on the biomass trajectory), and, fishing mortality is density-independent. Time-series inputs also require a large dynamic range of values.

The surplus production model used (ASPIC, version 5.34.6, Prager, 2005) calculates Maximum Sustainable Yield (MSY) and Fishing Mortality Rate at MSY (*Fmsy*). It requires only catch and effort data and is computationally inexpensive. The mathematical structure and evolution of the model is well documented (e.g. Russell, 1931; Schaefer, 1954; Fox, 1970; Pella-Tomlinson, 1969; Prager, 1994, 2005; and Hunter *et al.*, 2008). We used ASPIC to simulate the dynamics of the shrimp stock during different periods of stock productivity represented by several time series. Both Schaefer's logistic and the generalized model were fitted for comparative purposes. Retrospective analysis and projections at different fishing targets were also performed. Results suggest provisional levels of fishing that may be sustainable but they are not intended to be prescriptive at this time.

ANNEXE 1

Résultats préliminaires d'un modèle de la production excédentaire généralisé

Introduction

Les modèles de la production excédentaire traitent la population visée comme une biomasse globale indifférenciée. Attrayants pour évaluer la crevette parce qu'ils permettent de contourner le problème de la détermination de l'âge, ils sont de plus en plus utilisés dans les évaluations de la crevette nordique (*P. borealis*) (p. ex. pour les stocks du golfe du Maine, du Groenland et de l'Islande). Ces modèles supposent qu'une population produit en moyenne beaucoup plus de descendants qu'il n'en faut pour se reconstituer et que les pêcheurs peuvent prélever cet excédent indéfiniment (c.-à-d. de manière durable). Ils supposent également que les indices d'abondance (p. ex. PUE de la pêche commerciale et relevé) sont proportionnels à l'abondance réelle (biomasse); que le stock réagit instantanément à la pêche; que la population s'est stabilisée au taux d'exploitation actuel; que toutes les pertes autres que la pêche sont dues à la mortalité naturelle; qu'il n'y a pas d'interactions entre espèces; que le milieu est constant (aucun effet sur la trajectoire de la biomasse); et que la mortalité par pêche est indépendante de la densité. Les séries chronologiques doivent comprendre une grande gamme dynamique de valeurs.

Le modèle de la production excédentaire utilisé [ASPIC, version 5.34.6, Prager (2005)] calcule le rendement maximal soutenu (RMS) et le taux de mortalité due à la pêche au RMS (F_{rms}). Il requiert des données sur les prises et l'effort seulement et il est de traitement peu dispendieux. La structure et l'évolution mathématiques du modèle sont bien documentées (p. ex. Russell, 1931; Schaefer, 1954; Fox, 1970; Pella-Tomlinson, 1969; Prager, 1994, 2005; et Hunter *et al.*, 2008). Nous avons utilisé ASPIC pour simuler la dynamique du stock de crevette durant différentes périodes de productivité représentées par plusieurs séries chronologiques. En plus d'ajuster le modèle logistique de Schaefer et le modèle généralisé aux fins de comparaison, nous avons aussi fait une analyse rétrospective et des prévisions à diverses cibles de pêche. Les résultats semblent indiquer des niveaux de pêche provisoires qui peuvent être durables mais qui ne sont pas prescriptifs à ce moment-ci.

Data Source

Three time series of annual catches and catch-per-unit-effort (CPUE) were modeled: the DFO-industry shrimp survey (1995–2009); the Nova Scotia-based trawler standardized CPUE (1993–2009); and the Gulf of St. Lawrence (GSL) - based fleet CPUE (1982–2009) which is the only series spanning all productivity periods i.e. 1982–1990 (low), 1991–2000 (increasing) and 2001-2009 (high). Tests were performed on both model conditions - yield and effort. Annual CPUE (kg/hr) and catches (metric tons) were scaled (divided by 1000) as suggested by Prager (2005). An example of input data [Scotian Shelf commercial fleet (1993-2009)] for CPUE and total landings is listed in Table 1 and illustrated in Figure 1.

Results

Note that estimates of parameters such as stock size, fishing mortality rate, or any quantities that depend on them are imprecise. It is usually more appropriate to present them as ratios e.g. biomass as B/B_{msy} and fishing mortality as F/F_{msy} because catchability q, which is usually poorly estimated, cancels out in normalization.

F_{msy}, K (maximum population size), B_{msy}, MSY, Yield at Equilibrium for 2010 (Ye_{2010}), and Yield at Fmsy ($Y.F_{msy}$) for the different data series are shown in Table 2. Modeled values of K, MSY and $Ye2010$ are substantially different among time-series. The GSL fleet series spans periods of high and low stock abundances (productivity). Due to changes in fishing methods and gear, the differences in CPUE's between these periods are exaggerated. Consequently, model results are probably less reliable for the early period. However, the equilibrium yields for 1993-2009 were similar to other series during the same time period. Survey results were considered to be less reliable due to the catchability problems described above. Nova Scotia fleet data conditioned on yield produced very high K and B_{msy} values, making them suspect. Nova Scotia fleet data conditioned on effort gave yields and biomasses similar to historical averages (Table 2) and were used for further analyses.

Source des données

Nous avons modélisé trois séries chronologiques de données sur les prises annuelles et les prises par unité d'effort (PUE) : le relevé sur la crevette par le MPO et l'industrie (1995-2009), les PUE normalisées des chalutiers de la Nouvelle-Écosse (1993-2009) et les PUE de la flottille du golfe du Saint-Laurent (GSL) (1982-2009). Cette dernière est la seule série qui couvre toutes les périodes de productivité, soit 1982-1990 (faible), 1991-2000 (croissante) et 2001-2009 (élevée). Nous avons fait des essais pour vérifier les deux conditions du modèle, soit l'effort et le rendement. Comme il l'est suggéré dans Prager (2005), nous avons normalisé les PUE (kg/h) et les prises (t) annuelles en les divisant par 1 000. Un exemple des données d'entrée [flottille commerciale du plateau néo-écossais (1993-2009)] pour les PUE et les débarquements totaux est donné au tableau 1 et illustré à la figure 1.

Résultats

Veuillez noter que les estimations de paramètres tels la taille des stocks, le taux de mortalité par pêche ou toute quantité qui dépend de ces deux facteurs ne sont pas précises. Il est généralement plus approprié de les présenter comme des rapports, p. ex. B/B_{rms} pour la biomasse et $F/_{rrm}$ pour la mortalité due à la pêche, parce que la capturabilité (q), qui est habituellement mal estimée, annule la normalisation.

F_{rms}, K (taille maximale de la population), B_{rms}, RMS, le rendement à l'équilibre pour 2010 (Y_{2010}) et le rendement à F_{rms} pour les diverses séries chronologiques sont présentés au tableau 2. Les valeurs modélisées de K, RMS et Y_{2010} sont très différentes entre ces séries. La série pour la flottille du GSL couvre des périodes de productivité faible et élevée. En raison de changements dans les méthodes et les engins de pêche, les différences dans les PUE entre ces périodes sont exagérées. Par conséquent, les résultats du modèle sont probablement moins fiables au début de la période. Les rendements à l'équilibre de 1993 à 2009 étaient toutefois semblables à ce qu'ils étaient dans les autres séries durant cette même période. Nous avons considéré les résultats de relevé comme étant moins fiables en raison des problèmes de capturabilité décrits ci-dessus. Les données pour la flottille de la N.-É. subordonnées à la condition du rendement ont produit des valeurs de K et de B_{rms} très élevées, ce qui les rend suspectes. Les données pour cette flottille subordonnées à la

condition de l'effort ont produit des rendements et des biomasses semblables aux moyennes historiques (tableau 2), et elles ont été utilisées dans les autres analyses.

Results from the generalized and logistic models were essentially the same (bottom of Table 1). Observed and modeled yields and CPUE's showed good linear fits (Figure 2). Parameter estimates are shown in Table 3, 4 and Figure 3. Normalized fishing mortality F/F_{msy} (0.183), and biomass B/B_{msy} (1.43) suggest low fishing mortality and high abundance in recent years.

Les résultats du modèle généralisé et du modèle logistique étaient essentiellement pareils (bas du tableau 1). Les PUE et les rendements observés et modélisés montraient un bon ajustement linéaire (figure 2). Les estimations paramétriques sont présentées aux tableaux 3 et 4 et à la figure 3. Le taux de mortalité (F/F_{rms} = 0,183) et la biomasse (B/B_{rms} = 1,43) normalisés semblent respectivement indiquer une faible mortalité due à la pêche et une abondance élevée dans les dernières années.

Retrospective computations allowed comparison of actual catches with predicted yields. Five years were modeled (2005 to 2009) to compare predicted yields at F_{msy} (Y/F_{msy}) with Total Allowable Catch (TAC) recommended by the indicator method, and monitored total landings. Modeled values for $Y(F_{msy})$ are similar to landings (Table 5).

Nous avons fait des analyses rétrospectives pour comparer les prises réelles aux rendements attendus. Nous avons modélisé cinq années (2005 à 2009) pour comparer les rendements attendus à F_{rms} (Y/F_{rms}) au total autorisé des captures (TAC) recommandé par la méthode des indicateurs, et nous avons contrôlé le total des débarquements. Les valeurs modélisées de Y (F_{rms}) sont semblables aux débarquements (tableau 5).

Uncertainty in model point estimates was determined by bootstrapping (Table 6). Estimation of K was associated with high uncertainty (80,930 mt with 80% confidence limits of 30,600 and 228,000 mt). Bootstrapped trajectories of F/F_{msy} and B/B_{msy} between 1993 and 2009 (Figure 4*)* show high fishing mortalities (Figure 4a) between 1993 and 2000 with low, stable values after 2002. Biomasses mirror this pattern (Figure 4*b*). High biomasses in recent years are likely due, at least in part, to low fishing mortalities.

Nous avons utilisé la méthode *bootstrap* pour déterminer le niveau d'incertitude dans les estimations ponctuelles issues du modèle (tableau 6). Une incertitude élevée entourait l'estimation de *K* (80 930 t, limites de confiance à 80 % de 30 600 t et 228 000 t. Les trajectoires de of F/F_{rms} and B/B_{rms} entre 1993 et 2009, établies par méthode *bootstrap* (figure 4) montrent un taux de mortalité par pêche élevé (figure 4a) entre 1993 et 2000 et des valeurs faibles mais stables après 2002. Les biomasses suivent la même tendance (figure 4b). Les biomasses élevées observées dans les dernières années sont probablement dues, au moins en partie, à un faible taux de mortalité par pêche.

Limit reference points of 33% B_{msy} and 66% F_{msy} (Caddy and Mahon 1995), based on relative biomasses (B/B_{msy}) and mortalities (F/F_{msy}) estimated between 1993 and 2009, are shown in Figure 5. Projections (2010-2015) of biomass and fishing mortality (Figure 6) suggest that catches in the order of 3000-5000 mt per year will result in fishing mortalities well below F_{msy} (F/F_{msy}, approximately 0.3) and biomasses well above B_{msy} (B/B_{msy}, approximately 1.4) under model assumptions.

Les points de référence limites de 33 % de la B_{rms} et de 66 % du F_{rms} (Caddy et Mahon, 1995), basés sur la biomasse relative (B/B_{rms}) et la mortalité relative (F/F_{rms}) estimées entre 1993 et 2009 sont illustrés à la figure 5. Les projections (2010-2015) de la biomasse et de la mortalité par pêche donnet à penser que des prises de l'ordre de 3 000 à 5 000 t par année donneront lieu à une mortalité par pêche bien inférieure à F_{rms} (F/F_{rms}, environ 0,3) et à des biomasses bien supérieures à B_{rms} (B/B_{rms}, environ 1,4) selon les hypothèses du modèle.

References

Caddy, J.F., and R. Mahon. 1995. Reference points for fisheries management. - FAO Fisheries Technical Paper. No. 347. Rome, FAO: 83p.

Cadrin, S.X., and U. Skúladóttir. 1998. Surplus production analysis of shrimp in the Denmark Strait. NAFO SCR, Doc. 98/3: 20p.

Fox, W.W., Jr. 1970. An exponential surplus-yield model for optimizing exploited fish populations. Trans. Am. Fish. Soc. 99: 80-88.

Pella, J.J., and P.K. Tomlinson. 1969. A generalized stock production model. Bulletin of the Inter-American Tropical Tuna Commission 13(3): 419–496.

Prager, M.H. 1994. A suite of extensions to a nonequilibrium surplus–production model. Fishery Bulletin 92: 374–389.

Prager, M.H. 2005. User's Manual for ASPIC: A Stock-Production Model Incorporating Covariates (ver. 5) And Auxiliary Programs. National Marine Fisheries Service, Population Dynamic Team, CCFHR/NOCAA - North Carolina, USA:27 p.

Russell, E.S. 1931. Some theoretical considerations on the overfishing problem. Journal du Conseil. Conseil permanent international pour l'exploration de la mer 6(1): 3-20.

Schaefer, M.B. 1954. Some aspects of the dynamics of populations important to the management of the commercial marine fisheries. Bulletin of the Inter-American Tropical Tuna Commission 1(2): 27–56.

Hunter, M., R.G.K. Whitmore, C. McBane, J. Idoine, B. Spear. 2008. Assessment report for Gulf of Maine Northern shrimp – 2008. Atlantic States Marine Fisheries Commission's Northern Shrimp Technical Committee USA. 66 p.

Références

Caddy, J.F., et R. Mahon. 1995. Reference points for fisheries management. FAO Fisheries Technical Paper. No. 347. Rome, FAO: 83 p.

Cadrin, S.X., et U. Skúladóttir. 1998. Surplus production analysis of shrimp in the Denmark Strait. NAFO SCR, Doc. 98/3: 20 p.

Fox, W.W., Jr. 1970. An exponential surplus-yield model for optimizing exploited fish populations. Trans. Am. Fish. Soc. 99: 80-88.

Pella, J.J., et P.K. Tomlinson. 1969. A generalized stock production model. Bulletin of the Inter-American Tropical Tuna Commission 13(3): 419–496.

Prager, M.H. 1994. A suite of extensions to a nonequilibrium surplus–production model. Fishery Bulletin 92: 374–389.

Prager, M.H. 2005. User's Manual for ASPIC: A Stock-Production Model Incorporating Covariates (ver. 5) And Auxiliary Programs. National Marine Fisheries Service, Population Dynamic Team, CCFHR/NOCAA, North Carolina, USA: 27 p.

Russell, E.S. 1931. Some theoretical considerations on the overfishing problem. Journal du Conseil. Conseil international pour l'exploration de la mer 6(1): 3-20.

Schaefer, M.B. 1954. Some aspects of the dynamics of populations important to the management of the commercial marine fisheries. Bulletin of the Inter-American Tropical Tuna Commission 1(2): 27–56.

Hunter, M., R.G.K. Whitmore, C. McBane, J. Idoine et B. Spear. 2008. Assessment report for Gulf of Maine Northern shrimp – 2008. Atlantic States Marine Fisheries Commission's Northern Shrimp Technical Committee USA. 66 p.

Table 1. Input control parameters for the Generalized Surplus Production Model and the comparison of the Logistic and Generalized Models. The CPUE data correspond to Nova Scotian's commercial vessels between 1993 and 2009. Catches are from official landing from all the fleet.

Tableau 1. Intrants pour le modèle généralisé de production excédentaire et la comparaison du modèle logistique et du modèle généralisé. Les données sur les PUE correspondent aux PUE réalisées entre 1993 et 2009 par les bateaux de pêche commerciale de la Nouvelle-Écosse. Les prises sont les débarquements officiels déclarés par l'ensemble de la flottille.

Operation of ASPIC:	program mode	BOOTSTRAP
	model mode	GENERALIZED FITTING & ESTIMATE EXPONENT
	conditioning	EFFORT
	optimization	LEAST ABSOLUTE VALUES

CONTROL PARAMETERS

Number of years analyzed:	17
Number of data series:	1
Objective function:	Least absolute values
Relative conv. criterion (simplex):	1.00E-08
Relative conv. criterion (restart):	3.00E-08
Relative conv. criterion (effort):	1.00E-04
Maximum F allowed in fitting:	N/A
Bounds factor for generalized fit:	8
Number of bootstrap trials:	1000
Bounds on MSY (min, max):	3.731E-01, 74.61
Bounds on K (min, max):	3.731E+00, 746.1
Monte Carlo search mode, trials:	1, 20000
Random number seed:	1963285
Identical convergences required in fitting:	10
Number of steps for numerical integration:	15
Bounds on phi (%):	35, 70

COMPARISON OF LOGISTIC AND GENERALIZED MODELS

Model	Code	Exponent	Bmsy/K	B1/K	MSY	K	q1
L	0	2	0.5	1.88E-01	8.35E+00	7.78E+01	1.15E-02
G	0	4.81	0.662	2.42E-01	1.11E+01	8.09E+01	8.85E-03

Objective fn.	AIC_c
1.07E+00	-3.56E+01
9.69E-01	-3.32E+01

error code 0	Normal convergence

Table 2. Comparative estimates results for the GSL based, scientific survey and Nova Scotia fleets.

Tableau 2. Résultats de la comparaison des estimations pour la flottille du GSL, le relevé par navire de recherche et la flottille de la Nouvelle-Écosse.

Data source	Condition	Period (years)	Fishing Mortality Rate at MSY (F_{msy})	Maximum Population Size K (mt)	Biomass at MSY B_{msy} (mt)	Maximum Sustainab. Yield MSY (mt)	Yield at Equilib. Ye (2010) (mt)	Yield at F_{msy} $Y(F_{msy})$ (mt)
GSL fleet	Yield	1982-2009	0.10	3,261,000	2,283,000	222,100	33,900	3,503
GSL fleet	Effort	1982-2009	0.10	2,797,000	1,958,000	191,200	29,560	3,504
GSL fleet	Yield	'82 - '92	0.13	79,120	41,800	5,584	*602	1,317
GSL fleet	Effort	'82 - '92	0.14	126,100	68,490	9,376	*403	976
GSL fleet	Yield	'93 - '09	0.83	12,270	6,950	5,746	3,724	3,506
GSL fleet	Effort	'93 - '09	0.65	16,180	10,160	6,579	3,614	3,341
Sci.Survey	Yield	'95 - '09	0.87	9,886	4,947	4,318	3,969	3,693
Sci.Survey	Effort	'95 - '09	0.87	9,853	4,943	4,292	3,926	3,288
N.S. fleet	Yield	'93 - '09	0.14	398,800	257,400	35,240	4,582	3,480
N.S. fleet	Effort	'93 - '09	0.21	80,930	53,590	11,050	3,570	2,885

Table 3. Goodness of fit and parameter estimates from non-bootstraped analysis

Tableau 3. Qualité de l'ajustement et estimations des paramètres d'après l'analyse sans poids bootstrap.

Following report describes generalized model w/ adjusted bounds:
MSY(1.04E+00, 6.68E+01), K(1.62E-01, 3.74E+04)

GOODNESS-OF-FIT AND WEIGHTING (NON-BOOTSTRAPPED ANALYSIS)

Loss component number and title	Weighted LAV	N	Weighted MSE	Current Weight	Inv. var. weight	R-squared in CPUE
Loss(0) Penalty for B1 > K	0.00E+00	1	N/A	0.00E+00	N/A	
Loss(1) CPUE from Scotian Shelf commercial fish	9.69E-01	17	N/A	1.00E+00	N/A	0.943
TOTAL OBJECTIVE FUNCTION:	9.69E-01					
Estimated contrast index (ideal = 1.0):	0.7077		$C^* = (B_{max}-B_{min})/K$			
Estimated nearness index (ideal = 1.0):	1		$N^* = 1 - \|min(B-B_{msy})\|/K$			

MODEL PARAMETER ESTIMATES (NON-BOOTSTRAPPED)

Parameter		Estimate	User/pgm guess	2nd guess	Estimated	User guess
					1	1
B1/K	Starting relative biomass (in 1993)	2.42E-01	5.00E-01	3.61E-01	1	1
MSY	Maximum sustainable yield	1.11E+01	3.73E+00	3.17E+00	1	1
K	Maximum population size	8.09E+01	3.73E+01	1.90E+01	1	1
Phi	Shape of production curve (B_{msy}/K)	0.6622	5.00E-01	5.22E-01	1	1
q(1)	CPUE from Scotian Shelf commercial fish	8.85E-03	2.37E-02	4.75E-01		

MANAGEMENT and DERIVED PARAMETER ESTIMATES (NON-BOOTSTRAPPED)

Parameter		Estimate	Logistic formula	General formula
MSY	Maximum sustainable yield	1.11E+01	----	----
Bmsy	Stock biomass giving MSY	5.36E+01	K/2	K*n**(1/(1-n))
Fmsy	Fishing mortality rate at MSY	2.06E-01	MSY/B_{msy}	MSY/B_{msy}
N	Exponent in production function	4.8106	----	----
G	Fletcher's gamma	1.91E+00	----	[n**(n/(n-1))]/[n-1]
B./Bmsy	Ratio: $B(2010)/B_{msy}$	1.43E+00	----	----
F./Fmsy	Ratio: $F(2009)/F_{msy}$	1.83E-01	----	----
Fmsy/F.	Ratio: $F_{msy}/F(2009)$	5.47E+00	----	----
Y.(Fmsy)	Approx. yield available at F_{msy} in 2010	1.47E+01	$MSY*B./B_{msy}$	$MSY*B./B_{msy}$
	...as proportion of MSY	1.[illegible]0	----	----
Ye.	Equilibrium yield available in 2010	3.57E+00	4*MSY*(B/K-(B/K)**2)	g*MSY*(B/K-(B/K)**n)
	...as proportion of MSY	3.23E-01	----	----
fmsy(1)		2.33E+01	$F_{msy}/q(1)$	$F_{msy}/q(1)$

Table 4. Estimated population trajectories from non-bootstraped analysis.

Tableau 4. Trajectoires de population estimées d'après l'analyse sans poids bootstrap.

Year or ID	Estimated total F mort	Estimated starting biomass	Estimated average biomass	Observed total yield	Model total yield	Estimated surplus production	Ratio of F mort to F_{msy}	Ratio of biomass to B_{msy}
1993	0.096	1.96E+01	2.13E+01	2.04E+00	2.04E+00	5.47E+00	4.67E-01	3.65E-01
1994	0.106	2.30E+01	2.48E+01	3.07E+00	2.63E+00	6.36E+00	5.13E-01	4.29E-01
1995	0.123	2.67E+01	2.86E+01	3.18E+00	3.51E+00	7.27E+00	5.95E-01	4.99E-01
1996	0.094	3.05E+01	3.30E+01	3.36E+00	3.10E+00	8.27E+00	4.55E-01	5.69E-01
1997	0.109	3.57E+01	3.82E+01	3.80E+00	4.18E+00	9.34E+00	5.30E-01	6.66E-01
1998	0.086	4.08E+01	4.41E+01	3.93E+00	3.80E+00	1.03E+01	4.18E-01	7.62E-01
1999	0.096	4.73E+01	5.04E+01	4.85E+00	4.85E+00	1.09E+01	4.67E-01	8.83E-01
2000	0.099	5.34E+01	5.62E+01	5.44E+00	5.58E+00	1.10E+01	4.82E-01	9.96E-01
2001	0.077	5.88E+01	6.17E+01	4.77E+00	4.77E+00	1.04E+01	3.75E-01	1.10E+00
2002	0.042	6.44E+01	6.75E+01	2.94E+00	2.85E+00	8.78E+00	2.05E-01	1.20E+00
2003	0.038	7.03E+01	7.24E+01	2.77E+00	2.77E+00	6.57E+00	1.85E-01	1.31E+00
2004	0.043	7.41E+01	7.50E+01	3.27E+00	3.26E+00	4.92E+00	2.11E-01	1.38E+00
2005	0.053	7.58E+01	7.59E+01	3.65E+00	4.03E+00	4.29E+00	2.58E-01	1.41E+00
2006	0.048	7.60E+01	7.63E+01	3.99E+00	3.63E+00	4.04E+00	2.31E-01	1.42E+00
2007	0.064	7.64E+01	7.60E+01	4.58E+00	4.86E+00	4.17E+00	3.10E-01	1.43E+00
2008	0.057	7.57E+01	7.58E+01	4.32E+00	4.32E+00	4.38E+00	2.77E-01	1.41E+00
2009	0.038	7.58E+01	7.64E+01	3.48E+00	2.88E+00	3.94E+00	1.83E-01	1.41E+00
2010		7.69E+01						

Data type CC: CPUE-catch series Series weight: 1

Year	Observed CPUE	Estimated CPUE	Estim F	Observed Yield	Model yield	Resid in log yield	Statist weight
1993	1.88E-01	1.88E-01	0.0962	2.04E+00	2.04E+00	0	1.00E+00
1994	2.57E-01	2.20E-01	0.1058	3.07E+00	2.63E+00	0.15731	1.00E+00
1995	2.29E-01	2.53E-01	0.1226	3.18E+00	3.51E+00	-0.09882	1.00E+00
1996	3.17E-01	2.92E-01	0.0938	3.36E+00	3.10E+00	0.07988	1.00E+00
1997	3.08E-01	3.38E-01	0.1092	3.80E+00	4.18E+00	-0.09491	1.00E+00
1998	4.03E-01	3.90E-01	0.0863	3.93E+00	3.80E+00	0.03393	1.00E+00
1999	4.46E-01	4.46E-01	0.0963	4.85E+00	4.85E+00	0	1.00E+00
2000	4.84E-01	4.97E-01	0.0993	5.44E+00	5.58E+00	-0.02561	1.00E+00
2001	5.46E-01	5.46E-01	0.0773	4.77E+00	4.77E+00	0	1.00E+00
2002	6.17E-01	5.97E-01	0.0422	2.94E+00	2.85E+00	0.03171	1.00E+00
2003	6.40E-01	6.40E-01	0.0382	2.77E+00	2.77E+00	-0.00082	1.00E+00
2004	6.66E-01	6.64E-01	0.0434	3.27E+00	3.26E+00	0.00373	1.00E+00
2005	6.07E-01	6.72E-01	0.0531	3.65E+00	4.03E+00	-0.10079	1.00E+00
2006	7.42E-01	6.75E-01	0.0475	3.99E+00	3.63E+00	0.09496	1.00E+00
2007	6.35E-01	6.73E-01	0.0639	4.58E+00	4.86E+00	-0.0583	1.00E+00
2008	6.70E-01	6.70E-01	0.057	4.32E+00	4.32E+00	0	1.00E+00
2009	8.16E-01	6.76E-01	0.0377	3.48E+00	2.88E+00	0.18829	1.00E+00

Table 5. Comparison of retrospective trajectory yields between ASPIC model and – Nova Scotia Shelf fleet.

Tableau 5. Comparaison de la trajectoire des rendements rétrospectifs entre le modèle ASPIC et la flottille de pêche de la Nouvelle-Écosse.

Input Data Period (years)	Predicted Year	Predicted Yield at Fmsy Y(Fmsy)	Traffic Light (TAC)	Fleet (Catch)
1993 – 2004	2005	3448	5000	3645
1993 – 2005	2006	4229	5000	3986
1993 – 2006	2007	4051	5020	4582
1993 – 2007	2008	4732	5012	4321
1993 – 2008	2009	4277	3500	3477
1993 – 2009	2010	2855		

Table 6. Estimated parameters from bootstraped analysis.

Tableau 6. Paramètres estimés d'après l'analyse bootstrap.

Param name	Point estimate	Estimated bias in pt estimate	Estimated relative bias	Bias-corrected approximate confidence limits 80% lower	80% upper	50% lower	50% upper	quartile range	Relative IQ range
B1/K	2.42E-01	-2.18E-02	-9.00%	2.24E-01	2.95E-01	2.42E-01	2.74E-01	3.15E-02	0.13
K	8.09E+01	-1.50E-01	-0.19%	3.06E+01	2.28E+02	6.19E+01	1.27E+02	6.47E+01	0.8
Q(1)	8.85E-03	1.12E-02	126.17%	3.10E-03	2.31E-02	5.41E-03	1.11E-02	5.67E-03	0.641
MSY	1.11E+01	-6.36E-01	-5.75%	6.96E+00	2.20E+01	9.83E+00	1.54E+01	5.59E+00	0.505
Y(2010)	3.57E+00	2.75E-01	7.71%	3.03E+00	3.83E+00	3.31E+00	3.62E+00	3.10E-01	0.087
Y(Fmsy)	2.89E+00	8.32E-02	2.88%	2.63E+00	2.92E+00	2.73E+00	2.89E+00	1.58E-01	0.055
Bmsy	5.36E+01	-3.98E+00	-7.42%	2.33E+01	1.52E+02	4.61E+01	9.39E+01	4.78E+01	0.893
Fmsy	2.06E-01	1.02E-01	49.35%	1.36E-01	2.88E-01	1.63E-01	2.18E-01	5.46E-02	0.265
fmsy(1)	2.33E+01	-9.36E-01	-4.02%	1.43E+01	4.71E+01	1.99E+01	3.17E+01	1.18E+01	0.507
B/Bmsy	1.43E+00	5.59E-02	3.89%	1.35E+00	1.50E+00	1.38E+00	1.45E+00	6.04E-02	0.042
F/Fmsy	1.83E-01	4.32E-02	23.63%	9.20E-02	3.07E-01	1.36E-01	2.17E-01	8.14E-02	0.445
Y/MSY	3.23E-01	9.39E-02	29.06%	1.75E-01	4.49E-01	2.28E-01	3.37E-01	1.09E-01	0.338
n	4.81E+00	-9.07E-01	-18.86%	4.08E+00	5.89E+00	4.81E+00	5.81E+00	9.98E-01	0.208
phi	6.62E-01	-4.71E-02	-7.12%	6.33E-01	6.96E-01	6.62E-01	6.94E-01	3.14E-02	0.047

INFORMATION FOR REPAST (Prager, Porch, Shertzer, & Caddy. 2003. NAJFM 23: 349-361)
Unitless limit reference point in F (Fmsy/F.): 5.469
CV of above (from bootstrap distribution): 0.4771

NOTES ON BOOTSTRAPPED ESTIMATES:
- Bootstrap results were computed from 1000 trials.
- results are conditional on bounds set on MSY and K in the input file.
- All bootstrapped intervals are approximate. The statistical literature recommends using at least 1000 trials for accurate 95% intervals. The default 80% intervals used by ASPIC should require fewer trials for equivalent accuracy. Using at least 500 trials is recommended.
- Bias estimates are typically of high variance and therefore may be misleading.

Trials replaced for lack of convergence:	0	Trials replaced for MSY out of bounds:	0
Trials replaced for q out-of-bounds:	0	Trials replaced for phi out of bounds:	465
Trials replaced for K out-of-bounds:	0	Residual-adjustment factor:	1.1902

Elapsed time: 0 hours, 17 minutes, 13 seconds.

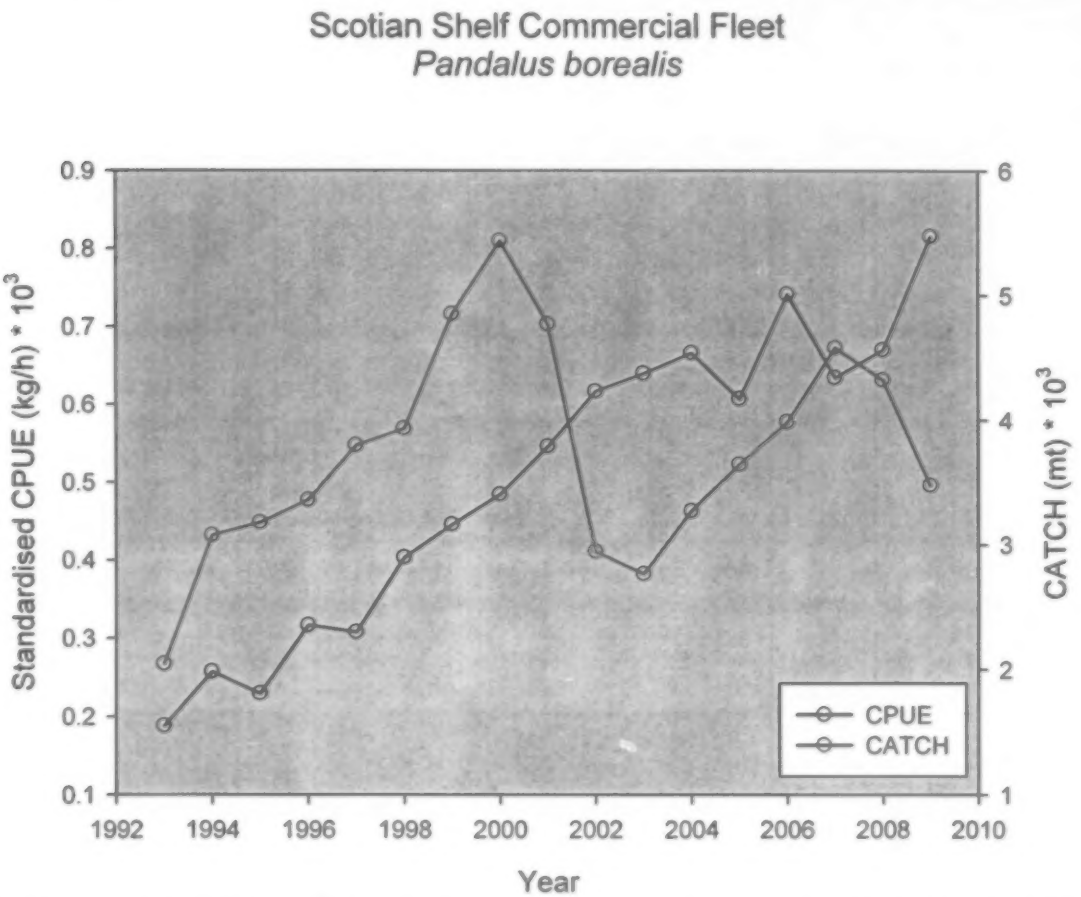
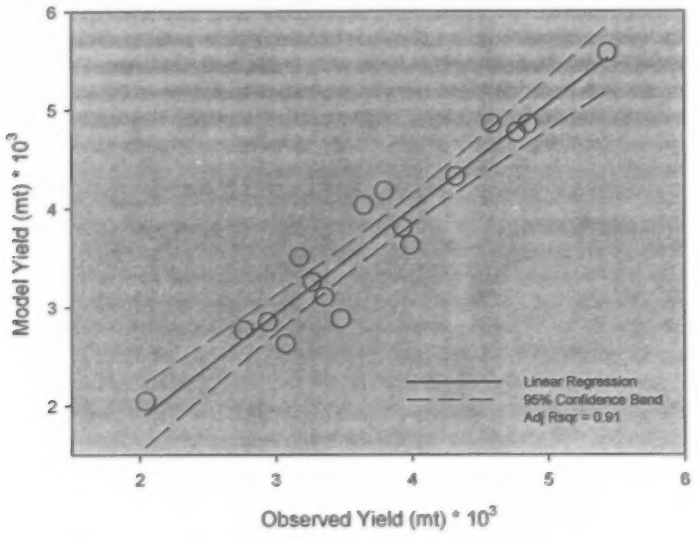
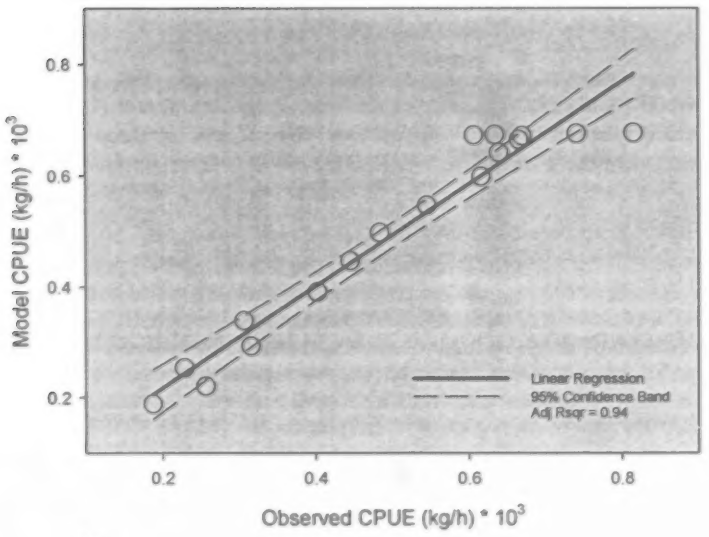


Figure 1. Scaled standardized CPUE (Kg/h) and catch (mt), from the Pandalus borealis's Nova Scotia commercial fleet between 1993 and 2009, used as input for the generalized surplus production model.

Figure 1. Données normalisées sur les PUE (kg/h) et les prises (t) de la flottille de pêche commerciale de Pandalus borealis sur le plateau néo-écossais entre 1993 et 2009 introduites dans le modèle de production excédentaire généralisé.



a



b

*Figure 2. Yield and CPUE's resulting from ASPIC model. Observed and modeled: a) yields (mt)*10^3, and b) CPUE's (kg/h)*10^3. The linear regression, 95% confidence band and Adjusted R squared (0.91, and 0.94, respectively) are also illustrated.*

Figure 2. Rendement (t x 10^3) et PUE (kg/h x 10^3) observés et normalisés résultant du passage du modèle ASPIC. La courbe de régression linéaire, la bande de confiance de 95 % et R^2 ajusté (0,91 et 0,94, respectivement) sont également illustrés.

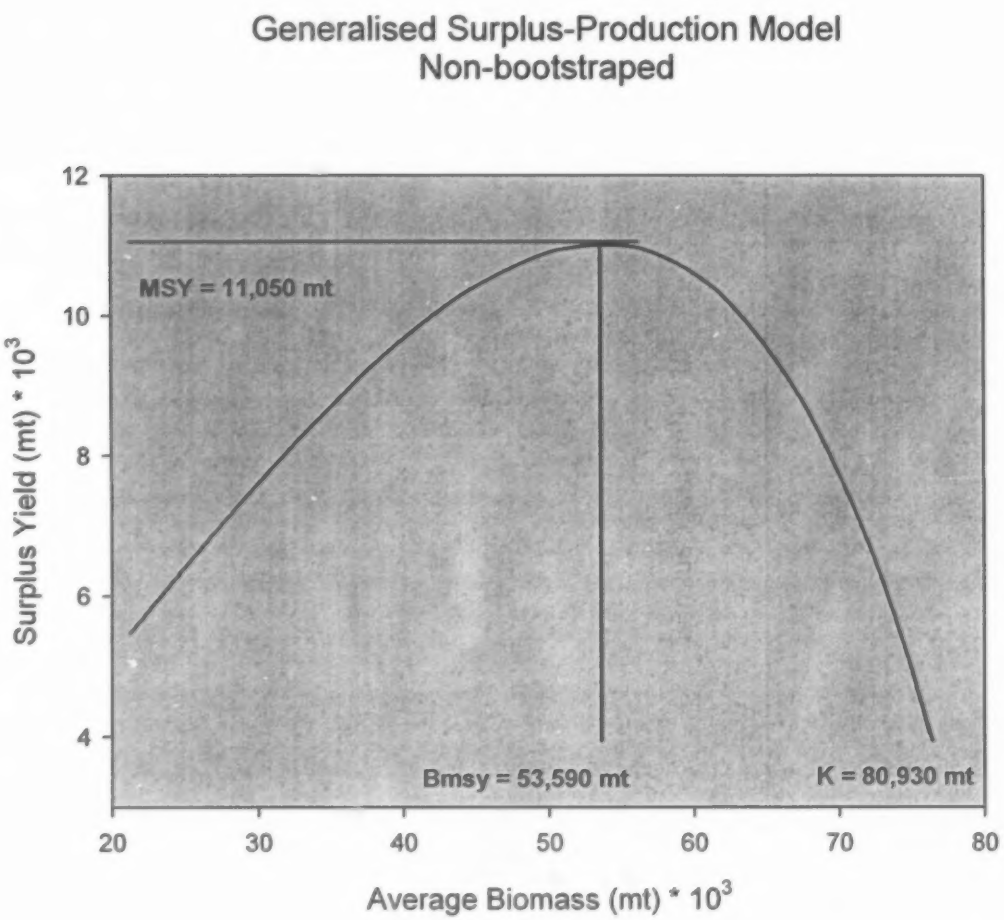
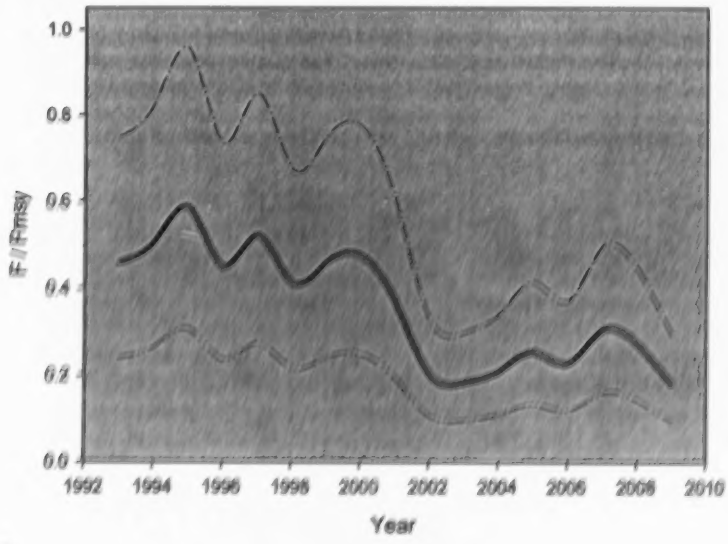
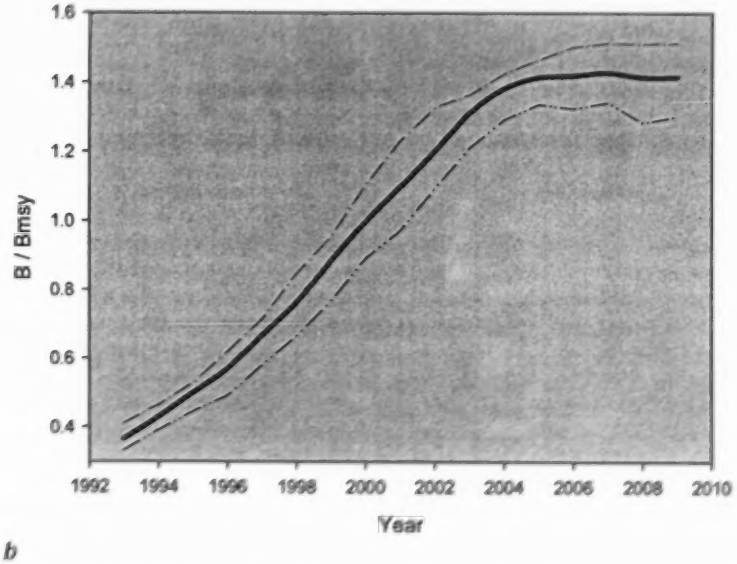


*Figure 3. Estimated parameters from the non-boostraped ASPIC' results. Average biomass and surplus yield (mt * 10^3), provide the carrying capacity (K = 80,930 mt), maximum sustainable yield (MSY = 11,050 mt) and biomass at MSY (B_{msy} = 53,590 mt).*

Figure 3. Paramètres estimés d'après les résultats du passage du modèle ASPIC sans poids bootstrap. La biomasse moyenne et le rendement excédentaire (t x 10^3) donnent la capacité de charge (K = 80, 930 t), le rendement maximal soutenu (RMS = 11 050 t) et la biomasse au RMS (B_{rms} = 53 590 t).



a



b

Figure 4. Bootstraped trajectories of relative estimated of a) fishing mortality (F/F_{msy}) and b) biomass (B/B_{msy}), between 1993 and 2009. 80% lower and upper (hatched lines) confidence limits are also indicated.

Figure 4. Trajectoires établies par méthode bootstrap de a) la mortalité relative (F/F_{msy}) et b) la biomasse relative (B/B_{msy}) entre 1993 et 2009. Les limites de confiance inférieure et supérieure à 80 % (courbes hachurées) sont aussi illustrées.

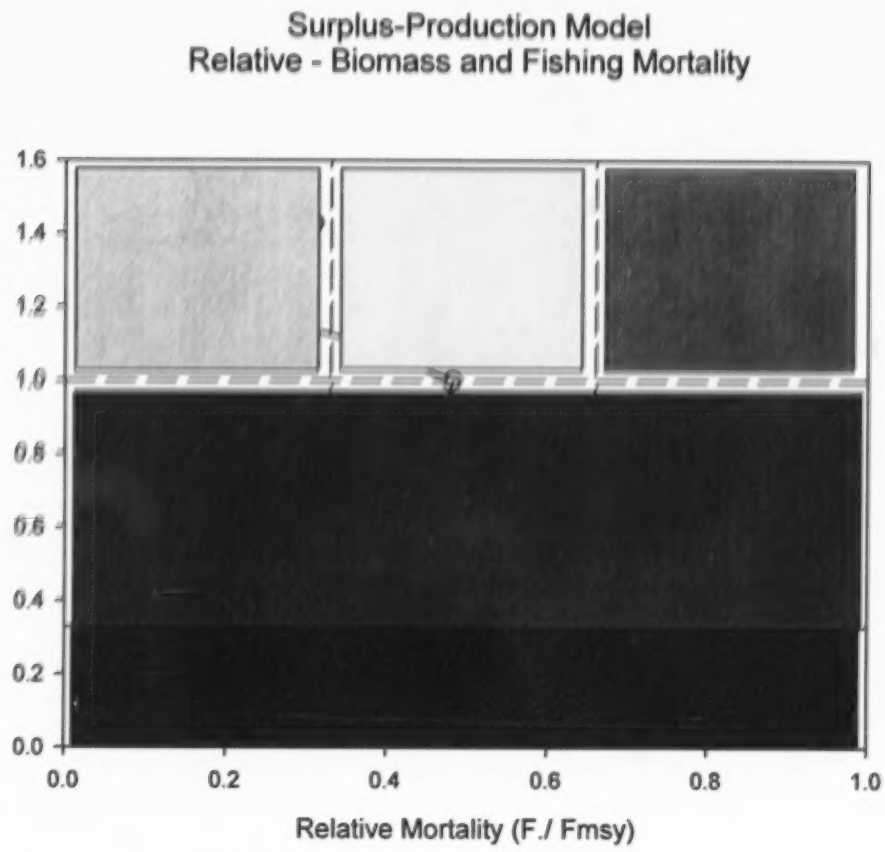
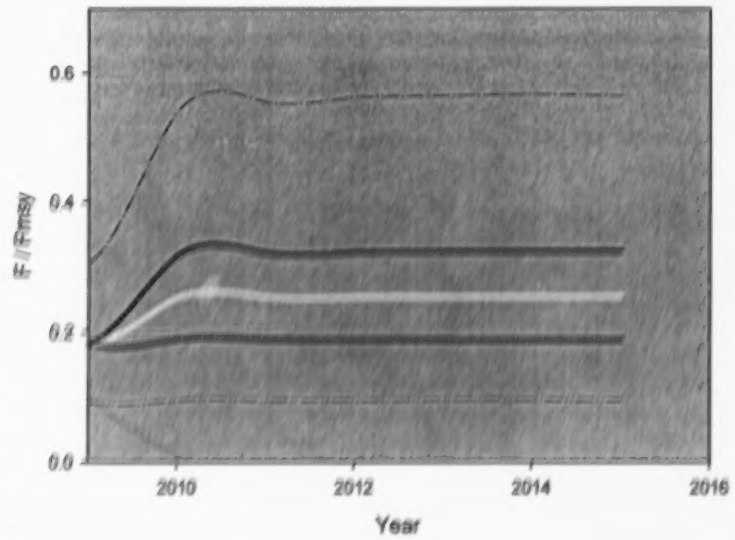
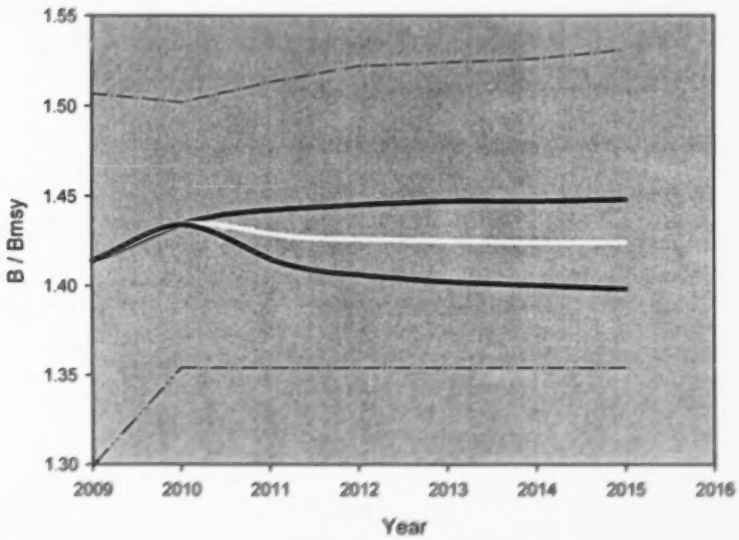


Figure 5. Precautionary and limit reference points suggested by the Surplus Production Model based on the relative mortalities (F/F_{msy}) and biomasses (B/B_{msy}) estimated between 1993 and 2009.

Points de référence limites et points de référence pour l'approche de précaution suggérés par le modèle de production excédentaire basé sur la mortalité relative par pêche (F/F_{ms}) et la biomasse relative (B/B_{ms}) estimées entre 1993 et 2009.



a



b

Figure 6. Projected trajectories with total allowable catches of 300 (green line), 4000 (yellow) and 5000 (red) mt. Relative estimations of a) fishing mortality (F/F_{msy}), and b) biomass (B/B_{msy}), for the period between 2009 and 2015, with 80% lower and upper (hatched lines) confidence limits are shown.

Figure 6. Trajectoires prévues de a) la mortalité relative par pêche (F/F_{msy}) et b) la biomasse relative à un TAC de 300 t (vert), 4 000 t (jaune) et 5 000 t (rouge) entre 2009 et 2015. Les limites de confiance inférieure et supérieure à 80 % (courbes hachurées) sont aussi illustrées.